



**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И НА ТРАНСПОРТЕ:
ЗАДАЧИ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ**

**СБОРНИК ТРУДОВ VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ
(НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ НАУЧНЫХ, НАУЧНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ, АСПИРАНТОВ
И СТУДЕНТОВ**

ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И НА ТРАНСПОРТЕ:
ЗАДАЧИ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ**

**СБОРНИК ТРУДОВ VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ
(НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ НАУЧНЫХ, НАУЧНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ, АСПИРАНТОВ И
СТУДЕНТОВ**

Челябинск

2024

УДК 656
ББК 39
С 56

Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения: сборник трудов VIII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов / [науч. ред. А.Н. Ткачёв]. – Челябинск: ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», 2024 – 250 с.

Научный редактор – к.т.н, доцент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет» А.Н. Ткачёв

Редактор-корректор – специалист редакционно-издательского отдела, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет К.М. Фролова

В сборник включены статьи участников VIII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов «Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения», состоявшейся в г. Челябинске 25 января 2024 г.

ISBN 978-5-6050860-9-3

© ОУ ВО «Южно-Уральский
технологический университет», 2024

© Коллектив авторов, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Электроэнергетика и электротехника

Белов А.В., Ткачёв А.Н., Ильин Ю.П., Скородумова Н.В. Влияние неравномерности нагрузки фаз на величину потерь мощности в линиях электропередачи 0,38 Кв	5
Буторин В.А., Мельников А.В. Совершенствование источников высокого напряжения для аппаратов электронно-ионной технологии сельскохозяйственного назначения	14
Буторин В.А., Ткачёв А.Н., Подзимков И.А. Стенд для испытания контактов магнитных пускателей на коммутационную долговечность	17
Гусейнов Р.Т., Царев И.Б., Новик И.В. Место оптимизации резерва запчастей электроремонтных предприятий АПК в обобщенном предмете теории эксплуатации электрооборудования	25
Егоров Г.И., Юртунбаев Д.Р. Автоматизированный стенд для исследования двигателей квадрокоптеров в статических и динамических режимах	31
Калашников Д.С. Влияние рабочей температуры и температуры окружающей среды полупроводникового светодиода на его работоспособность	38
Ольховатов Д.В., Шевкунова А.В. Анализ работы полупроводниковых приборов	43
Павлов Д.Д. Роботы для диагностики и обслуживания высоковольтных линий электропередачи	50
Павлов Д.Д. Электрификация автобусных остановок с помощью солнечных батарей	55
Таначев В.А. Повышение пропускной способности линии электропередач	60
Татаринцев В.А. Повышение экономичности паротурбинных установок теплоэлектростанций	65
Фаттахов Р.Р., Валиуллина Д.М., Хакимзянов Э.Ф. Применение математического моделирования для планирования развития распределительных сетей	73
Царев И.Б., Гусейнов Р.Т., Новик И.В. Место оптимизации аварийного резерва районов электрических сетей в обобщенном предмете теории эксплуатации электрооборудования	80

Транспортные технологии

Анисимов Н.С. Исследование рационального подхода управления несущим винтом и электрическим двигателем беспилотного летательного аппарата вертолетного типа	87
Бешенцев И.Д. Исследование существующего состояния и перспективы развития системы общественного транспорта г. Алчевска	960
Давыдова О.В. Автоматизация производства универсального рельса балочного стана (УРБС)	109
Егорова К.В. Повышение эффективности борьбы с нефтяными разливами: применение совокупности беспилотных летательных аппаратов в составе автоматизированной системы управления идентификацией и ликвидацией разливов нефти	126
Калинин В.А., Исаков Д.В. Применение метода расчёта электрических цепей для определения рациональных маршрутов транспортной сети	136
Качурин В.В., Жолобов П.П. Анализ потерь урожая зерноуборочных комбайнов в осенний цикл работ	146
Койнов Е.В. Достижения в области технологий автономной посадки БПЛА: сравнительный обзор современных подходов	153
Потапова У.А. Мультимодальные перевозки грузов: существующие проблемы и перспективы развития	160
Пучкин Д.В. Прогнозирование объема перевозок автомобильным транспортом для повышения конкурентоспособности транспортного предприятия с использованием статистических методов прогнозирования	167
Рогожникова Д.Л. Влияние транспортных загрязнений на здоровье человека	176
Свещинский В.О. Проектирование топливопроводов высокого давления топливоподающих систем аккумуляторного типа автотракторных двигателей	181
Стефановский А.Б. Согласование альтернативных значений максимальной температуры рабочего тела при тепловом расчёте дизеля	195
Худоногов И.А., Антонов М.С. Аспекты развития электросетевого комплекса железнодорожной инфраструктуры	212

Информационные технологии

Алшаиби А.Д., Аль Ани М.М., Аль-Азави А.Я. Анализ методов обнаружения вторжений с использованием методов выбора функций и машинного обучения для обеспечения сетевой безопасности	217
Аль-Ани М.М., Алшаиби А.Д., Аль-Азави А.Я. Метод машинного обучения в противодействии кибератакам	221

Аль-Ани М.М., Алшаиби А.Д., Аль-Азави А.Я. Достижения в распознавании арабской речи: текущие проблемы и будущие направления	225
Давыдова О.В., Газизов И.С. Социальные последствия промышленной революции в условиях информационной экономики	230
Давыдова О.В., Сорокин Г.А. Строительный материал – бетон: история, развитие и современные инновации	240
Пустоветов М.Ю., Пустоветов К.М. Тестирование качества беспроводной связи WiFi	248
Соболева Е.В., Щедрина Е.В. Цифровой сторителлинг как средство развития эмоционального интеллекта инженеров нового поколения	251
Яр-Мухамедов И.Г. Балансировка нагрузок распределительных электросетей как задача целочисленного линейного программирования	256

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРУЗКИ ФАЗ НА ВЕЛИЧИНУ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 0,38 КВ

Белов А.В. – к.т.н., доцент кафедры «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Ткачёв А.Н. – к.т.н., зав. кафедрой «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Ильин Ю.П., – к.т.н., доцент кафедры «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Скородумова Н.В. – ст. преподаватель кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В статье рассмотрены зависимости потерь мощности в трехфазных линиях электропередачи от неравномерности нагрузки фаз. Выведены формулы для расчета потерь мощности в зависимости от коэффициента неравномерности нагрузки.

Неравномерность нагрузки фаз характерна для жилых микрорайонов с частными домовладениями. Основную часть этой нагрузки составляют электроприемники, случайным образом распределенные по фазам. Зачастую подключение домов частного сектора к сети происходит без учета равномерного распределения нагрузки по фазам. Это приводит к неоправданным дополнительным потерям при транспортировке электроэнергии. Для повышения эффективности электроснабжения необходимо прежде всего оценить ущерб от неравномерности нагрузки фаз и после этого принять меры по его устранению. или, по крайней мере, сведению потерь до минимально возможного уровня.

Целью работы является установление закономерности влияния неравномерной нагрузки фаз на величину потерь при транспортировке электроэнергии.

Известно, что в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью неравномерность нагрузки фаз определяется коэффициентом неравномерности, равным току в нулевом проводе, деленному на сумму фазных токов [1]:

$$K_H = \frac{I_N}{I_A + I_B + I_C}, \quad (1)$$

где: I_N – ток в нулевом проводе, А; I_A, I_B, I_C – токи в фазах А, В и С соответственно.

Потери мощности в линии электропередачи при условии равенства токов в фазах могут быть определены из выражения:

$$\Delta P_1 = 3I_{cp}^2 \cdot r_\phi \cdot L, \quad (2)$$

где: I_{cp} – среднее значение тока в фазах, А;

r_ϕ – погонное сопротивление фазного провода, Ом/км;

L – длина участка линии, км.

Если нагрузка по фазам распределена неравномерно, то потери в линии складываются из потерь в каждой фазе плюс потери в нулевом проводе:

$$\Delta P_2 = I_A^2 \cdot r_\phi \cdot L + I_B^2 \cdot r_\phi \cdot L + I_C^2 \cdot r_\phi \cdot L + I_N^2 \cdot r_N \cdot L, \quad (3)$$

где: I_N – ток в нулевом проводе, А;

r_N – погонное сопротивление нулевого провода, Ом/км.

Рассмотрим практический пример. Для упрощения расчетов допустим, что погонные сопротивления фазного и нулевого проводов равны (например, провод СИП4 4x35, $r_\phi = r_N = 0,866$ Ом/км). Участок линии электропередачи выполнен по фасаду здания длиной 0,1 км. Токи в фазах составляют: $I_A = 5$ А, $I_B = 35$ А, $I_C = 20$ А. Ток в нулевом проводе на практике можно измерить с помощью измерительных клещей. Здесь же определим его как сумму векторов фазных токов [2], которые в комплексной форме записи равны (единицы измерения опускаем для упрощения):

$$\dot{I}_A = 5, \dot{I}_B = 35 \cdot \mathbf{a}^2, \dot{I}_C = 20 \cdot \mathbf{a},$$

где: \mathbf{a} – поворотный множитель, разворачивающий вектор на 120 градусов, $\mathbf{a} = e^{j120^\circ}$, $j = \sqrt{-1}$.

Ток в нулевом проводе в комплексном выражении (в алгебраической форме записи) равен:

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 5 + 35 \cdot \mathbf{a}^2 + 20 \cdot \mathbf{a} = (-22,5 - j12,99) \text{ А},$$

при этом модуль тока в нулевом проводе равен:

$$|\dot{I}_N| = I_N = 25,981 \text{ А.}$$

Рассчитаем коэффициент неравномерности нагрузки по выражению (1):

$$K_n = \frac{25,981}{5 + 35 + 20} = 0,433.$$

Рассчитаем средний ток в фазах:

$$I_{\text{cp}} = \frac{I_A + I_B + I_C}{3} = \frac{5 + 35 + 20}{3} = 20 \text{ А.}$$

Найдем потери мощности в линии электропередачи при условии равенства токов в фазах из выражения (2):

$$\Delta P_1 = 3 \cdot 25,981^2 \cdot 0,866 \cdot 0,1 = 103,92 \text{ Вт.}$$

Найдем потери мощности при неравномерной нагрузке по выражению (3):

$$\begin{aligned} \Delta P_2 &= 5^2 \cdot 0,866 \cdot 0,1 + 35^2 \cdot 0,866 \cdot 0,1 + 20^2 \cdot 0,866 \cdot 0,1 + 25,981^2 \cdot 0,866 \cdot 0,1 = \\ &= 201,34 \text{ Вт.} \end{aligned}$$

Продолжим аналогичные вычисления, изменяя коэффициент неравномерности нагрузки от нуля до единицы. При этом будем соблюдать следующее условие: средний ток (и, соответственно, передаваемая мощность) должен быть одинаковым во всех вариантах. Результаты сведем в табл. 1.

Табл. 1.

Зависимость потерь мощности от коэффициента неравномерности нагрузки фаз

№ п/п	I_A	I_B	I_C	I_N	K_H	ΔP_2
1	20	20	20	0	0	103,92
2	15	25	20	8,66	0,144	114,74
3	10	30	20	17,321	0,289	147,22
4	5	35	20	25,981	0,433	201,34
5	0	40	20	34,641	0,577	277,12
6	0	45	15	39,626	0,661	331,23
7	0	50	10	45,826	0,764	407,02
8	0	55	5	52,678	0,878	504,44
9	0	60	0	60	1,0	623,52

Изобразим полученную зависимость в виде графика, представленного на рис. 1.

Как видно из рисунка, график зависимости имеет форму параболы.

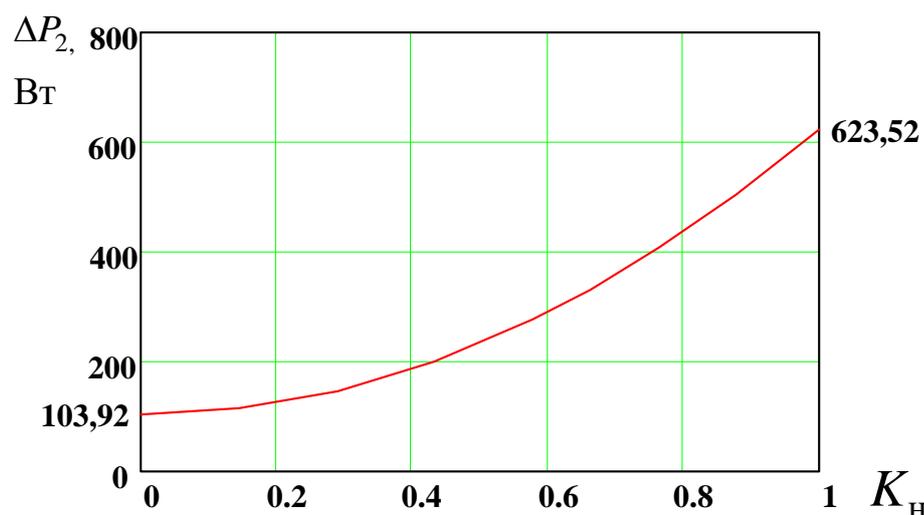


Рис. 1. Зависимость потерь мощности в линии электропередачи от коэффициента неравномерности нагрузки фаз

Введем понятие кратности потерь. Под кратностью потерь будем понимать отношение потери мощности при неравномерной нагрузке фаз к потере мощности при равномерной нагрузке фаз:

$$Q = \frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} \quad (4)$$

Используя данные таблицы 1 и расчетного значения ΔP_1 , составим таблицу 2 зависимости кратности потерь от коэффициента неравномерности.

Зависимость кратности потерь от коэффициента неравномерности

№ п/п	K_H	ΔP_2	Q
1	0	103,92	1
2	0,144	114,74	1,104
3	0,289	147,22	1,417
4	0,433	201,34	1,938
5	0,577	277,12	2,667
6	0,661	331,23	3,188
7	0,764	407,02	3,917
8	0,878	504,44	4,854
9	1,0	623,52	6,0

Полученную зависимость представим в виде графика на рис. 2.

Также её можно представить в виде уравнения:

$$Q = 5 \cdot K_H^2 + 1. \quad (5)$$

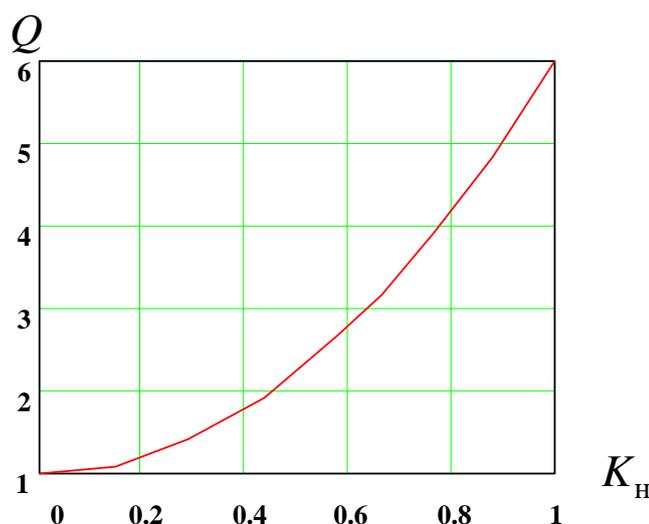


Рис. 2. Зависимость кратности потерь от коэффициента неравномерности нагрузки фаз при равенстве сопротивлений фазного и нулевого проводов

Таким образом, в тех случаях, когда погонные сопротивления фазного и нулевого проводов одинаковы, можно определить потери мощности при неравномерной нагрузке фаз, используя выражение, вытекающее из (4) и (5):

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 (5 \cdot K_H^2 + 1). \quad (6)$$

Проверим правильность полученного выражения на приведенном выше примере:

$$\Delta P_2 = 103,92(5 \cdot 0,433^2 + 1) = 201,34 \text{ Вт.}$$

Ответ совпадает с полученным ранее результатом, рассчитанным по формуле (3).

Отметим, что при одинаковом сопротивлении фазного и нулевого проводов потери мощности при максимальном коэффициенте неравномерности, равном единице, превышают потери мощности при равномерной нагрузке фаз в шесть раз.

Теперь рассмотрим, как изменятся кривые кратности потерь, если погонные сопротивления фазного и нулевого проводов не будут одинаковыми.

На рис. 3 представлены кривые кратности потерь в зависимости от коэффициента неравномерности при различных соотношениях погонных сопротивлений фазного и нулевого проводов.

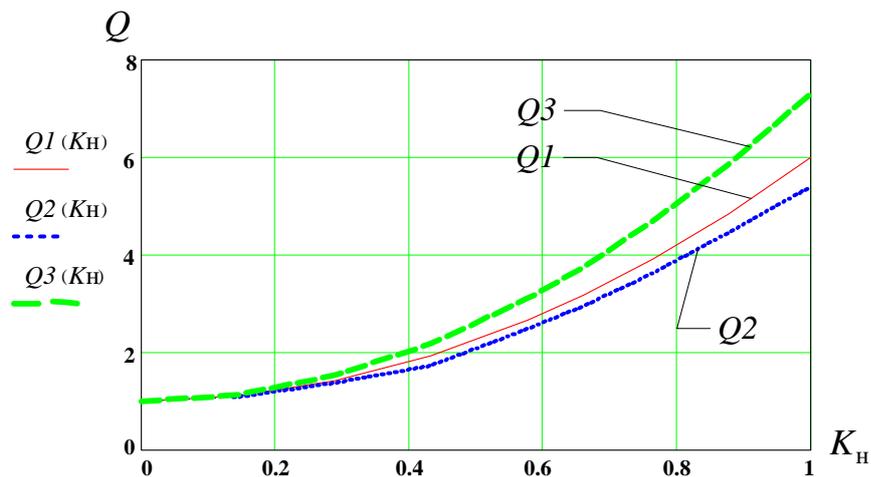


Рис. 3. Зависимость кратности потерь от коэффициента неравномерности:

Q1 – при $r_\phi = r_N$; Q2 – при $r_\phi > r_N$; Q3 – при $r_\phi < r_N$

В случае, когда погонные сопротивления фазного и нулевого проводов не одинаковы, кратность потерь мощности можно определить по формуле:

$$Q = B \cdot K_H^2 + 1, \quad (7)$$

где B – коэффициент, зависящий от коэффициента соотношения погонных сопротивлений фазного и нулевого проводов K_R .

$$K_R = \frac{r_\phi}{r_N}. \quad (8)$$

Потери мощности при неравномерной нагрузке фаз определим из выражения:

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 \cdot Q = \Delta P_1 (B \cdot K_R^2 + 1). \quad (9)$$

Из выражения (7) можно определить коэффициент B :

$$B = \frac{Q - 1}{K_R^2}. \quad (10)$$

Произведя ряд вычислений, и набрав необходимый статистический материал, можно составить таблицу, позволяющую по заданному коэффициенту соотношения погонных сопротивлений K_R с достаточной для практического использования точностью находить коэффициент B (см. табл. 3).

Табл. 3

Таблица для определения коэффициента B

K_R	B	K_R	B	K_R	B
0,7	6,286	0,875	5,429	1,15	4,609
0,725	6,138	0,9	5,333	1,2	4,5
0,75	0,6	0,925	5,243	1,25	4,4
0,775	5,871	0,975	5,077	1,3	4,308
0,8	5,75	1,0	5,0	1,35	4,222
0,825	5,636	1,05	4,857	1,4	4,143
0,85	5,529	1,1	4,727	1,45	4,069

Расчеты, проведенные по изложенной выше методике, позволяют оценить технические потери в линии электропередачи при неравномерной нагрузке фаз.

В заключение приведем пример расчета годовых потерь электроэнергии при неравномерной нагрузке фаз. Пусть дан участок ВЛ, выполненный проводом СИП2 3x70+1x95 (данные погонных сопротивлений: $r_\phi = 0,443$ Ом/км, $r_N = 0,363$ Ом/км). Длина участка линии $L = 0,4$ км. Данные натурных измерений в период максимальной нагрузки показали следующие результаты: $I_A = 56$ А, $I_B = 135$ А, $I_C = 37$ А, $I_N = 90$ А. Определить годовой ущерб от неравномерности нагрузки фаз, приняв время максимальных потерь равным $\tau = 1000$ ч.

Решение.

Рассчитаем средний ток в фазах:

$$I_{\text{cp}} = \frac{I_A + I_B + I_C}{3} = \frac{56 + 135 + 37}{3} = 76 \text{ А.}$$

Определим потери мощности на участке линии электропередачи при условии равенства токов в фазах из выражения (2):

$$\Delta P_1 = 3 \cdot 76^2 \cdot 0,443 \cdot 0,4 = 3070 \text{ Вт.}$$

Определим годовые потери электроэнергии на участке линии электропередачи при условии равенства токов в фазах:

$$\Delta W_1 = \Delta P_1 \cdot \tau = 3070 \cdot 1000 = 3070000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 3070 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Определим коэффициент неравномерности нагрузки фаз по формуле (1):

$$K_{\text{н}} = \frac{90}{55 + 135 + 37} = 0,396.$$

Определим коэффициент соотношения погонных сопротивлений фазного и нулевого проводов по выражению

$$K_R = \frac{0,443}{0,363} = 1,22.$$

По таблице 3 находим коэффициент B . В таблице отсутствует величина $K_R = 1,22$, имеются значения $K_R = 1,2$ и $K_R = 1,25$, поэтому величину коэффициента B выбираем между 4,4 и 4,5. Принимаем $B = 1,45$.

По выражению (7) находим кратность потерь мощности:

$$Q = B \cdot K_{\text{н}}^2 + 1 = 1,45 \cdot 0,396^2 + 1 = 1,697.$$

Полученная величина кратности потерь показывает, что потери мощности при неравномерной нагрузке фаз в 1,697 раза превышают потери при равномерной нагрузке фаз.

Определим потери мощности на участке линии электропередачи при неравномерной нагрузке фаз из выражения (9):

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 \cdot Q = 3070 \cdot 1,697 = 5212 \text{ Вт.}$$

Определим годовые потери электроэнергии на участке линии электропередачи при неравномерной нагрузке:

$$\Delta W_2 = \Delta P_2 \cdot \tau = 5212 \cdot 1000 = 5212000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 5212 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Годовой ущерб от неравномерной нагрузки фаз на участке линии составит:

$$У = (\Delta W_2 - \Delta W_1) \cdot C = (5212 - 3070) \cdot 3,9 = 8354 \text{ руб.}$$

где $C = 3,9$ – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч.

Данный пример показывает, что неравномерность нагрузки фаз может оказать существенное влияние на себестоимость передачи электроэнергии, увеличивая технические потери.

На основании исследований можно сделать следующие выводы:

1. Потери мощности в линии электропередачи увеличиваются пропорционально квадрату коэффициента неравномерности нагрузки.

2. При коэффициенте неравномерности нагрузки, равном единице (вся нагрузка передается по одной фазе) и равенстве сопротивлений фазного и нулевого проводов, потери в линии электропередачи увеличиваются в шесть раз по сравнению с потерями при равномерной нагрузке фаз.

3. При неодинаковом сопротивлении фазного и нулевого проводов потери мощности больше, чем при одинаковом сопротивлении в том случае, если сопротивление нулевого провода больше фазного и меньше, если сопротивление нулевого провода меньше фазного.

Список используемых источников

1. Белов А.В. Расчёт токов короткого замыкания в электрических системах напряжением выше 1000 В: Учеб. пособие / А.В. Белов, Ю.В. Коровин, Е.И. Пахомов; ЧГАУ. Ч. 2. Расчёт токов несимметричных коротких замыканий – Челябинск: ЧГАУ, 2009. 104 с.

2. Белов А.В., Ильин Ю.П., Скородумова Н.В. Критерий неравномерности нагрузки фаз в сетях с глухозаземленной нейтралью // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: Материалы международной научно-практической конференции, Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. С. 210-214

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ АППАРАТОВ ЭЛЕКТРОННО-ИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Буторин В.А. – д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Мельников А.В. – заведующий лабораторией кафедры ЭАТП, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В работе приведены схемные решения источников высокого напряжения для аппаратов электронно-ионной технологии сельскохозяйственного назначения с учетом режимов их энергопотребления.

Электронно-ионной технологией является наука влияния электромагнитных полей на находящиеся в их зоне тела, включая объекты сельскохозяйственного использования. Многие аппараты электронно-ионной технологии сельскохозяйственного назначения используют поле коронного разряда.

Коронным разрядом (короной) называют вид электрического разряда в газообразном веществе (как правило в воздухе), который стремительно появляется в неоднородном поле, вследствие малого радиуса кривизны одного (двух) электрода по сравнению с расстоянием между двумя электродами.

Тип принципиальной электрической схемы источника высокого напряжения, её устройство и режим работы обусловлен типом коронно-разрядной системы и режимом работы аппарата электронно-ионной технологии сельскохозяйственного назначения. Аппараты электронно-ионной технологии сельскохозяйственного производства по режиму потребления электрической энергии следует подразделить на четыре группы:

а) аппараты высокого потребления электрической энергии, ток потребления которых на один или несколько порядков выше тока утечки элементов коронно-разрядной системы;

б) аппараты низкого потребления электрической энергии, ток потребления которых не существенно превышает ток утечки элементов коронно-разрядной системы;

в) аппараты комбинированного потребления электрической энергии, включающую в себя установки с низким и высоким потреблением электрической энергии;

г) аппараты с периодическим потреблением электроэнергии, т. е. оказывают действия на объекты при их периодическом включении.

Аппараты электронно-ионной технологии типа (а) с повышенным потреблением электроэнергии наиболее распространены в сельском хозяйстве. К ним относятся озонаторы, электрофилтры и электрофилтры озонаторы [1, 7].

Аппараты низкого потребления (б) электрической энергии включают электростатические филтры, а также осадительные ячейки двухзонных электрофилтров [5, 6].

Аппараты периодического электропотребления (в), использование которых в сельскохозяйственном производстве началось в последние годы, применяются для уничтожения вредителей, главным образом грызунов [4], и синантропной птицы [3]. Данные аппараты включаются в небольшой период времени, поскольку их длительная работа требует большого расхода электроэнергии [2].

Аппараты электронно-ионной технологии (г) с комбинированным потреблением электрической энергии выполняются с использованием комбинированных схемных решений источников высокого напряжения, обеспечивающие низкое и высокое потребление электроэнергии этих аппаратов.

В сельском хозяйстве комбинированными аппаратами электронно-ионной технологии являются двухзонные электрофилтры, имеющие установку высокого электропотребления (зону зарядки пылевых частиц) и установку с низким электропотреблением (зону осаждение этих частиц).

Источники высокого напряжения аппаратов электронно-ионной технологии сельскохозяйственного назначения целесообразно создавать на основе использования современных схемных решений для аппаратов с низким и высоким электропотреблением.

По режиму электропотребления на рисунке 1 приведена классификация схемных решений источников высокого напряжения для аппаратов электронно-ионной технологии сельскохозяйственного назначения.

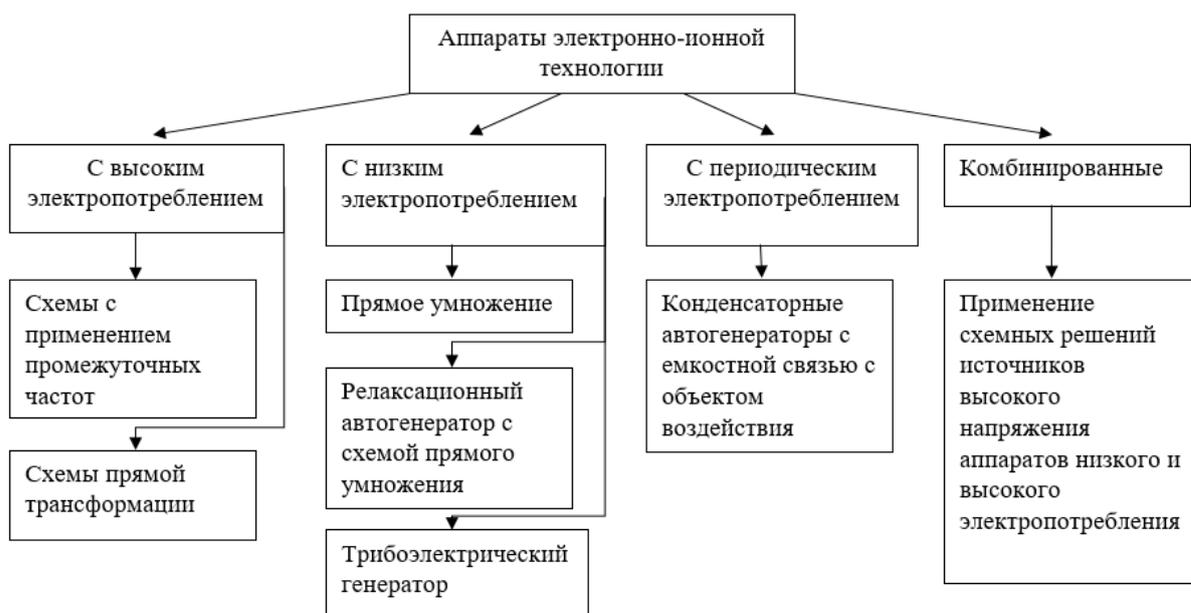


Рис. 1. Классификация схемных решений источников высокого напряжения различных аппаратов электронно-ионных технологий сельскохозяйственного применения по режиму электропотребления

Таким образом, с учетом данной классификации представляются рекомендации для построения источника высокого напряжения различных аппаратов электронно-ионной технологии сельскохозяйственного назначения и технологического процесса их применения.

Список используемых источников

1. Астафьев Д.В. Исследование и разработка электрофильтра-озонатора для очистки и озонирования воздушной среды в цехе инкубации: автореф. дис. канд. техн. наук. Челябинск, 2010. 20 с.
2. Буторин В.А. Энергосбережение: теория, практика: монография / В.А. Буторин, В.И. Чарыков, В.И. Мошкин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Курганский государственный университет. – Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2019. 145 с.
3. Патент № 69707 Российская Федерация. 3. Устройство для отпугивания птиц: № 2007124144/22: заявл. 26.06.2007: опубл. 10.01.2008 / Возмилов А.Г., Урманов В.Г., Гультяев А.В., Ракецкий А.П. 4 с.

4. Патент № 69707 Российская Федерация. 3. Устройство для отпугивания птиц: № 2007124144/22: заявл. 26.06.2007: опубл. 10.01.2008 / Возмилов А.Г., Урманов В.Г., Гультаев А.В., Ракецкий А.П. 4 с.

5. Патент № 52577 Российская Федерация. Электростатический фильтр для очистки воздуха от пыли и запахов: № 2005126432; заявл. 19.08.2005, опубл. 19.04.2006. Бюл. №32.

6. Патент № 2174873 Российская Федерация. Электростатический фильтр с увеличенной площадью осаждения: № 2000121518; заявл. 10.08.2000 опубл. 20.10.2001. Бюл. №18.

7. Чекалов Л.В. Экотехника. Защита атмосферного воздуха от выбросов пыли, аэрозолей и туманов / Л.В. Чекалов. Ярославль: Русь, 2004. 424 с.

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ КОНТАКТОВ МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ НА КОММУТАЦИОННУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

Буторин В.А. – д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Ткачёв А.Н. – к.т.н., доцент, и.о. зав. каф. «Техника и технологии» ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Подзимков И.А. – магистрант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В статье показана и описана работа стенда с внутренними элементами, на котором проводятся эти испытание для проверки состояния контактной группы, имитируя различные основные и второстепенные факторы.

На уровень качества эксплуатации электрооборудования влияют: служба эксплуатации, эксплуатационные свойства используемого электрооборудования, источник напряжения [4]. Среди многочисленных устройств в ЭП, одним из основных всецело можно считать МП. Он является частью электромеханической системы, служащий для запуска в движение определенных органов машин и агрегатов при выполнении производственных процессов [3]. В составе ЭП присутствует элементы преобразования, передачи и управления, и

электродвигатель. ЭП служит ведущим источником механической энергии в промышленности и хозяйстве, он потребляет более половины электрической энергии и является ее основным потребителем [7].

Преимущественно надежность технологического процесса оценивает стабильный функционал ЭП. Даже отказ одного из элементов ЭП может привести к нарушению технологического процесса, что может являться одной из причин сниженной скорости изготовления готового продукта сельских товаропроизводителей.

В связи с этим важно развивать и создавать новые методы испытания контактной группы МП. Для ускоренной проверки при различных факторах был разработан стенд испытаний.

По мнению различных авторов, средний срок службы ЭП может составлять от 1 года до 4 лет [9-11]. Срок службы ЭП по отраслям сельскохозяйственного производства представлен в таблице [8].

Табл. 1.

Срок службы ЭП по отраслям сельскохозяйственного производства

Наименование отрасли	Срок службы, лет
КРС	2,88
Свиноводство	3,09
Птицеводство	3,16
Растениеводство	3,4

В работе [12] приведена статистика отказов элементов ЭП. Согласно статистике, выход из строя МП составляет 16% от общего количества всех основных элементов ЭП, выход из номинального состояния элементов в МП включают в себя ошибки в выборе пускателей по номинальной нагрузке, воздействие внешней среды, плохое качество эксплуатации.

Доля контактной группы при отказах определяется показатель в 44% от общего количества всех частей МП. Параметры состояния контактов включает в себя температуру нагрева, падение напряжений, площадь сопротивления, усилия сжатия контактов, провал, переходное сопротивление, раствор [6].

Для проверки долговечности МП в различных средах и воздействий на них, были разработаны стенды испытаний для их испытаний на надежность. Устройство может быть использовано для проведения испытаний контактов МП

на коммутационную долговечность. Технический результат заключается в повышении надежности и расширения функциональных возможностей [5].

Для обеспечения максимальной точности исследований, стенд должен отвечать определенным требованиям, а именно:

- 1) должен быть безопасен в эксплуатации, удобен в обслуживании и прост по конструкции;
- 2) позволять производить нетрудоёмкие замеры износа контактов магнитного пускателя;
- 3) сделать возможным обеспечение равномерным распределением и создание постоянства в установленных значениях факторов окружающей среды в зоне контактов;
- 4) обладать независимым управлением и защитой;
- 5) создание условий, при которых не будут вызваны отклонения в работе испытуемого МП в режиме с характером коммутационных циклов, предусматривающем включение электродвигателя с короткозамкнутым ротором, изменение параметров цепи и отключение вращающегося электродвигателя.

Разработанный стенд отвечает поставленным требованиям. Стенд состоит из испытательной камеры (поз. 5 рис. 1), испытуемого пускателя (поз. 6 рис. 1) и электрической схемы (рис. 2). Внутри камеры на подставке 7 помещен испытуемый МП 6. Провода, соединяющие его с остальной электрической схемой, проходят через патрубок, расположенный в верхней части камеры 5.

В ходе испытаний контактов МП нужно варьировать относительной влажностью воздуха, концентрацией пыли и сероводорода. Для получения необходимой концентрации сероводорода внутри камеры 5 с объемом 0,4 м³ была использована химическая реакция сернистого натрия и серной кислоты.

Продуктами реакции является сероводород H₂S и глауберова соль Na₂SO₄. Количество реагирующих веществ, необходимое для получения заданной концентрации сероводорода в испытательной камере 4, получают расчетным путем.

Относительная влажность воздуха, создается установкой камеры 5 в поддон 8 с водой. Концентрация пыли 2 в рабочем объеме камеры 5 создается подбором калиброванных ситечек 3, установленных в воронке 1.

Принципиальная электрическая схема стенда по испытанию контактов магнитных пускателей содержит блок управления и силовую часть (см. рис. 2).

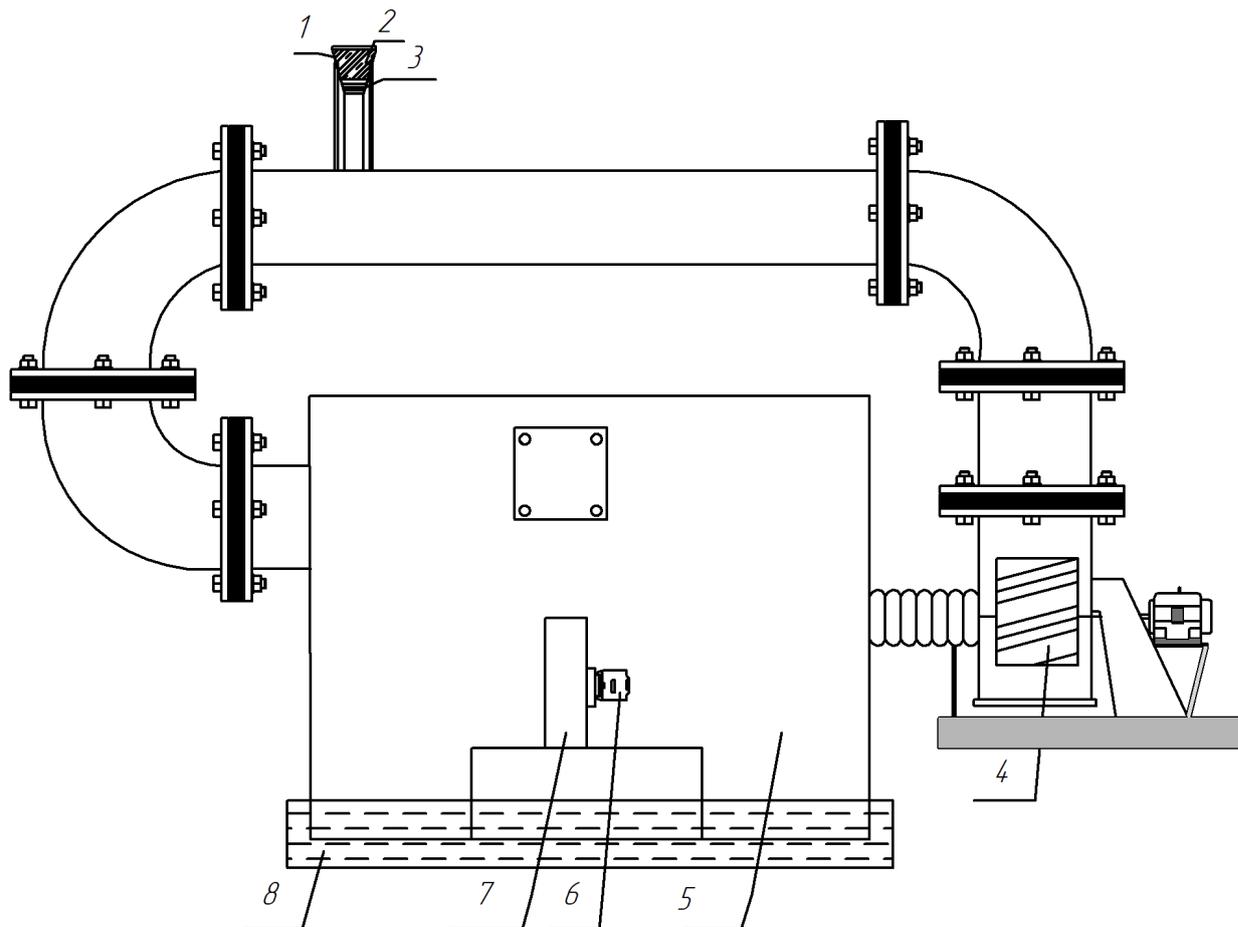


Рис. 1. Схема стенда по испытанию контактов МП

Установка питается от трехфазной сети переменного тока напряжением 380/220 В. Обеспечение заданного режима испытываемого МП КМ2 и цикличности испытаний осуществляется блоком управления. Он состоит из трансформаторов TV3, TV4, выключателя SA, реле КТ времени марки ВС-43-61УХЛ4, автоматического выключателя SF, автотрансформатора TV2 марки РНО-220-12, счетчика циклов испытания РС и узла управления возвратом реле КТ времени в исходное состояние.

Перед тем как начать испытания, необходима установка номинального (паспортного) тока через силовые контакты испытываемого МП КМ2 и установка заданного напряжения на его катушке. Перед выполнением перечисленных операций необходимо проверить установку рукояток автотрансформаторов TV1 и TV2 в положение, соответствующее минимуму напряжения на их выходах. Параллельно катушке испытываемого магнитного пускателя КМ2 присоединяют

вольтметр. В разрыв одного из проводов, соединяющих выход автотрансформатора TV1 и МП КМ1, включают амперметр.

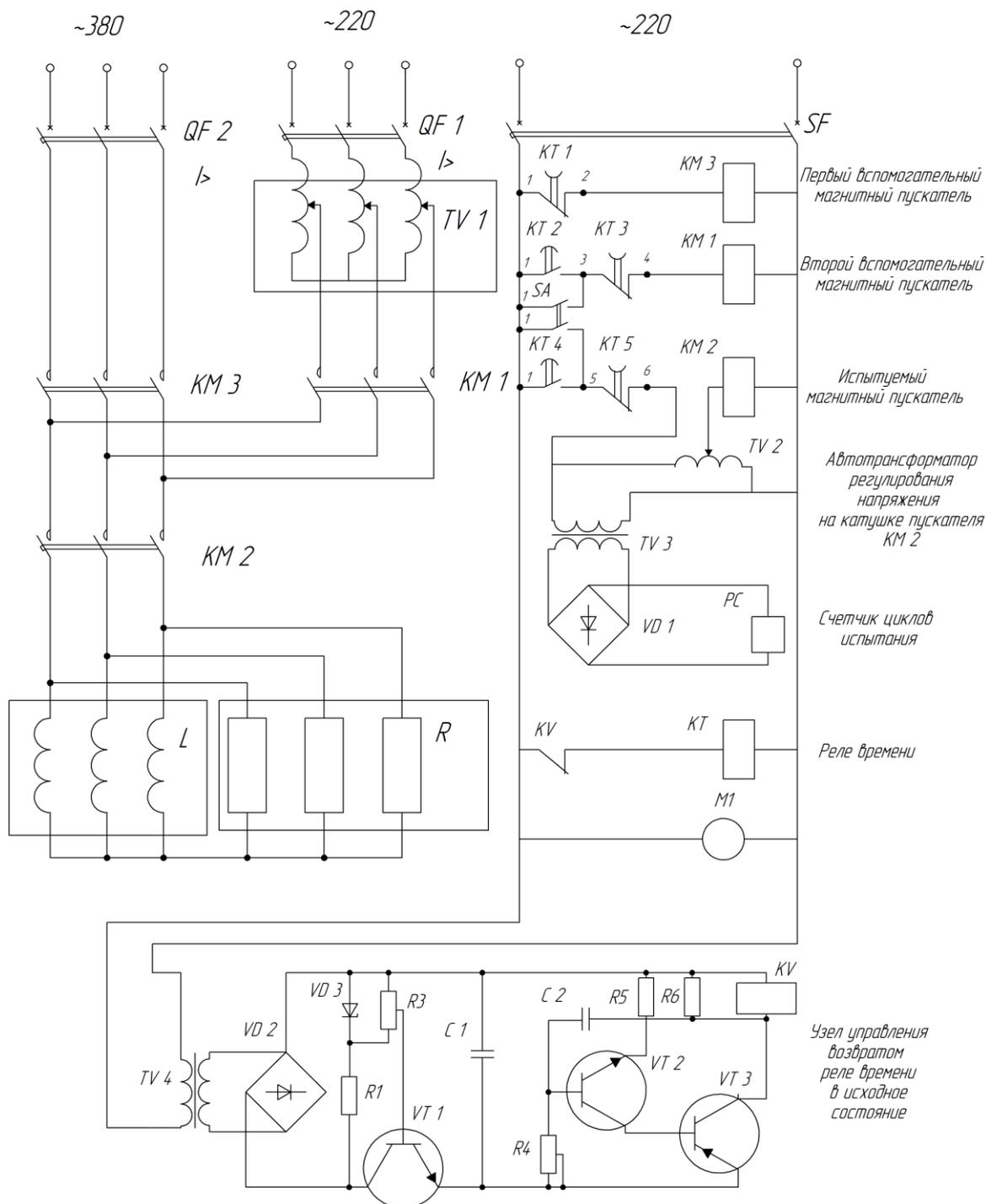


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная стенда по испытанию контактов МП [1]

Затем включают автоматические выключатели QF1, SF и выключатель SA. Вращением рукоятки автотрансформатора TV2 устанавливают требуемое значение напряжения на катушке испытуемого МП КМ2. Вращением рукоятки

автотрансформатора TVI по амперметру устанавливают ток, соответствующий паспортным данным испытуемого МП КМ2. Подготовительный этап испытаний на этом считается завершенным и оканчивается возвратом выключателя SA и автоматических выключателей QF1, SF в исходное состояние. Также следует отсоединить от схемы измерительные приборы.

Запуск схемы в режим испытаний МП КМ2 осуществляется последовательным включением автоматических выключателей SF, QF1, QF2. Катушка МП КМ3 получает питание через нормально замкнутые контакты (NC) КТ1-2 реле КТ времени. Силовые контакты этого пускателя замыкаются в цепи нагрузки. Через 1 секунду после включения SF, замыкается цепь питания катушки испытуемого МП КМ2 контактами реле времени КТ 1-5. Силовые контакты пускателя КМ2 замыкаются, подавая напряжение на нагрузку. Таким образом, происходит имитация пускового тока. Через 0,1 секунды размыкаются контакты КТ1-2, прекращая подачу питания на катушку МП КМ3, что приводит к отключению его силовых контактов. Через 0,5 секунды после этого катушка МП КМ1 получает питание через контакты КТ1-3 и своими силовыми контактами подает выходное напряжение автотрансформатора TVI, на вход испытуемого МП КМ2. Тем самым создается имитация протекания рабочих токов через силовые контакты пускателя КМ2. Через 2 секунды контакты КТ5-6 реле КТ времени размыкаются, силовые контакты МП КМ2 отключаются, а счетчик РС фиксирует один цикл испытаний. Еще через секунду размыкаются контакты КТ3-4 и МП КМ1 отключается. С этого момента до начала следующего цикла наступает пауза, необходимая для соблюдения режима испытаний и перевода реле КТ времени в исходное состояние. Время одного цикла испытания составляет 6 секунд.

Возврат реле КТ времени в исходное состояние, и цикличность испытаний осуществляется узлом, представляющим собой стабилизированный источник питания и генератор прямоугольных импульсов с фиксированной скважностью.

Стабилизированный источник питания имеет понижающий трансформатор TV4 с напряжением вторичной обмотки 14 В, которое подается на двухполупериодный выпрямитель, собранный на диодной сборке VD2. Выпрямленное напряжение поступает на параметрический стабилизатор, образованный стабилитроном VD3 и балластным резистором R4. На его выходе присутствует стабилизированное напряжение величиной 12 В, установленное

переменным резистором R3. Для уменьшения пульсации выпрямленного напряжения установлен оксидный конденсатор C1 [2].

Узел возврата реле КТ времени в исходное состояние работает следующим образом. После подачи напряжения питания на схему генератора начинается процесс зарядки конденсатора C2. Ток зарядки протекает через обмотку реле KV и резисторы R6, R1. При этом на базе транзистора VT2 присутствует отрицательный потенциал стабилизированного источника питания. По мере зарядки конденсатора C2 потенциал на базе транзистора VT2 изменяет знак на положительный. Ток зарядки конденсатора постепенно уменьшается и достигает такого значения, при котором становится возможным открытие транзистора VT2. Это в свою очередь ведет к появлению отрицательного потенциала на базе транзистора VT3 и его открытию. Напряжение питания схемы оказывается почти полностью приложенным к катушке KV промежуточного реле и резистору R6. Контакты KV промежуточного реле размыкаются, обесточивая катушку реле времени КТ. Реле времени возвращается в исходное состояние. По мере открытия транзистора VT2 у конденсатора C2 начинается процесс разрядки до тех пор, пока потенциал на базе транзистора VT2 уменьшится до значения закрытия этого транзистора. Это в свою очередь приведет к закрытию транзистора VT3. Затем происходит замыкание контактов KV и весь процесс повторится снова с момента зарядки конденсатора C2. Время разомкнутого состояния контактов промежуточного реле KV, необходимое для возврата реле КТ времени в исходное состояние, равно 1 с.

Силовая часть схемы состоит из автоматических выключателей QF1, QF2, автотрансформатора TV1 марки РНТ-220-12, вспомогательных пускателей КМ1, КМ3, испытуемого КМ2 и блока электрических нагрузок, содержащего активную и индуктивную в трехфазные нагрузки. В роли активной задействован магазин проволочных резистор, а в роли индуктивной использованы обмотки трехфазного асинхронного электродвигателя с фазным ротором.

С помощью данного стенда реализуется возможность проведения испытания контактов МП с учетом полного спектра параметров, характерных для условий реальной эксплуатации этих элементов. По итогам экспериментов будут получены полиномиальные зависимости, необходимые для определения средней скорости изнашивания контактной группы МП в различных видах помещений. Полученные данные можно будет использовать для расчета оптимального объема профилактических работ ЭП.

Список используемых источников

1. Банин Р.В. Прогнозирование трудоемкости обслуживания и резерва запасных частей при эксплуатации электроприводов в птицеводстве: специальность 05.20.02: Кандидат технических наук. Челябинск, 2002. 67 с.
2. Буторин В.А., Царев И.Б., Банин Р.В., Шарпилов А.Ю. Время первой проверки состояния контактов магнитного пускателя // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 2. С.58-60.
3. Буторин В.А., Шарпилов А.Ю., Плешакова А.Ю., Молчан А.М. Испытания на надежность в предмете эксплуатации электрооборудования // АПК России. 2018. № 4. С. 535-538.
4. Буторин В.А., Швецов М.С., Банин Р.В. Исследование коммутационной износостойкости контактов магнитных пускателей в сельском хозяйстве // Вестник ЧГАУ. Челябинск, 2000. №30. С. 94-98.
5. Ерошенко Г.П. Эксплуатация электрооборудования: учебник / Г. П. Ерошенко, Н. П. Кондратьева М.: ИНФРА-М, 2019. 336 с.
6. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода: учебное пособие для вузов. 2-е изд. Пер. и доп. М.: Издательство МЭИ, 2003. 220 с.
7. Мартко Е.О. Влияние состояния межвитковой изоляции на работу двигателей на предприятии сельского хозяйства // Ползуновский альманах. Барнаул: АлтГТУ им И.И. Ползунова, 2011. №2. С. 111-114.
8. Панькин В.В., Борисов Ю.С. Определение срока службы электродвигателей и пускозащитной аппаратуры в животноводческих фермах: в книге электропривод поточных линий в сельском производстве. М.: ВИЭСХ, 1979. т. 48. С. 55-62.
9. Патент № 2182340 С2 Российская Федерация. Схема электрическая стенда для испытания контактов магнитных пускателей на коммутационную износостойкость: № 2000109005/09: заявл. 10.04.2000: опубл. 10.05.2002 / Буторин В.А., Данилов В.Н., Банин Р.В., Швецов М.С. 9 с.
10. Пястолова И.А., Тлеуов А.Х. Анализ истока отказов электродвигателей в сельском хозяйстве // Труды ЧИМЭСХ: Повышение надежности работы электроустановок в сельском хозяйстве, 1986. С. 63-68.
11. Хомутов О.И. Система технических средств и мероприятий повышения эксплуатационной надежности изоляции электродвигателей, используемых в сельскохозяйственном производстве: дис. докт. техн. наук: / Челябинск, 1990. 450 с.

12. Швецов М.С. Оценка послеремонтной надежности магнитных пускателей в животноводстве методом ускоренного определения коммутационного ресурса их контактов: специальность 05.20.02: Кандидат технических наук. Челябинск, 2001. 167 с.

МЕСТО ОПТИМИЗАЦИИ РЕЗЕРВА ЗАПЧАСТЕЙ ЭЛЕКТРОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК В ОБОБЩЕННОМ ПРЕДМЕТЕ ТЕОРИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Гусейнов Р.Т. – к.т.н., ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Царев И.Б. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Новик И.В. – старший преподаватель ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

Рассмотрено развитие методов системного подхода обобщенного предмета теории эксплуатации электрооборудования в части резервирования запчастей электроремонтными предприятиями агропромышленного комплекса. Предложено дополнить традиционную структурную схему «Источник электроснабжения – электроприемник – технологический объект – служба эксплуатации» новым элементом «Ремонтный завод». Описано влияние подсистемы «Ремонтный завод – электрооборудование» на повышение работоспособности электрооборудования путем оптимизации резерва запасных частей.

На кафедре «Электрооборудование и электротехнологии» Южно-Уральского государственного аграрного университета ведутся исследования по повышению показателей надежности электрооборудования [5, 14, 2] в сельском хозяйстве и сушке изоляции обмоток [11, 12, 13]. На надежность, эксплуатируемого в агропромышленном комплексе электрооборудования, оказывает влияние большое число факторов. Повышение его работоспособности требует детального анализа взаимодействия, как с внешними факторами, так и с производственными объектами [3, 10,]. Перечисленные выше условия приводят к системному подходу, который впервые был описан в работах докт. техн. наук Ерошенко Г.П. [9].

В рамках системного подхода к эксплуатации электрооборудования была предложена структурная схема «Источник электроснабжения – электроприемник – технологический объект служба эксплуатации» (рис. 1)

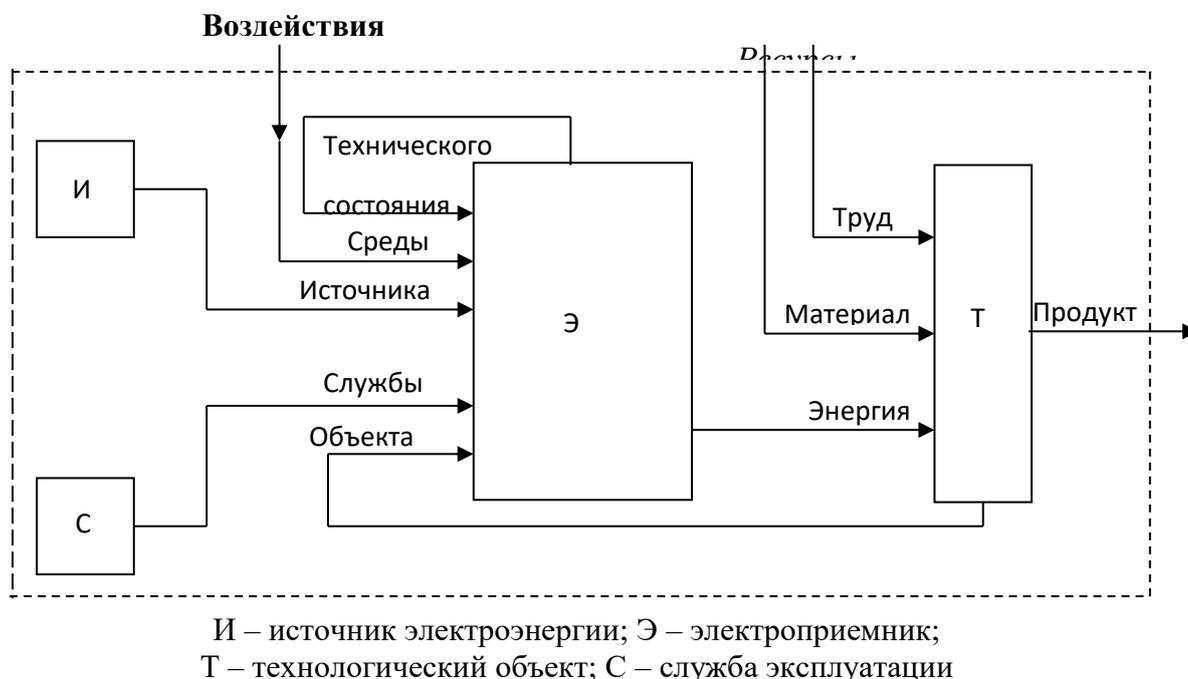


Рис. 1. Структурная схема ИЭТС

Описанная структурная схема включает в себя следующие составляющие:

1. И – источник электроэнергии, от которого зависит объём и качество электроснабжения.
2. Э – электроприемник. Его основными показателями надежности являются безотказность, долговечность и ремонтпригодность.
3. Т – технологический объект, от которого зависят режимы работы электрооборудования и факторы окружающей среды.
4. С – службу эксплуатации. Эта служба влияет на надежность эксплуатируемого электрооборудования через техническое обслуживание, а также текущий и средний ремонт.

Системный подход к эксплуатации электрооборудования, предложенный докт. техн. наук Ерошенко Г.П., развивался в исследованиях докт. техн. наук Буторина В.А. и канд. техн. наук, Царева И.Б. Направление развития определяется увеличением доли эксплуатируемого электрооборудования, прошедшего капитальный ремонт по сравнению с новым. Причина этого снижение поставок электрооборудования в агропромышленном комплексе.

В большинстве случаев капитальный ремонт производится централизованно на специализированных предприятиях, а не силами самих хозяйств. Последнее обстоятельство диктует необходимость дополнить традиционную структурную схему «Источник электроснабжения – электроприемник – технологический объект – служба эксплуатации» новым элементом «Ремонтный завод» (рис. 2).

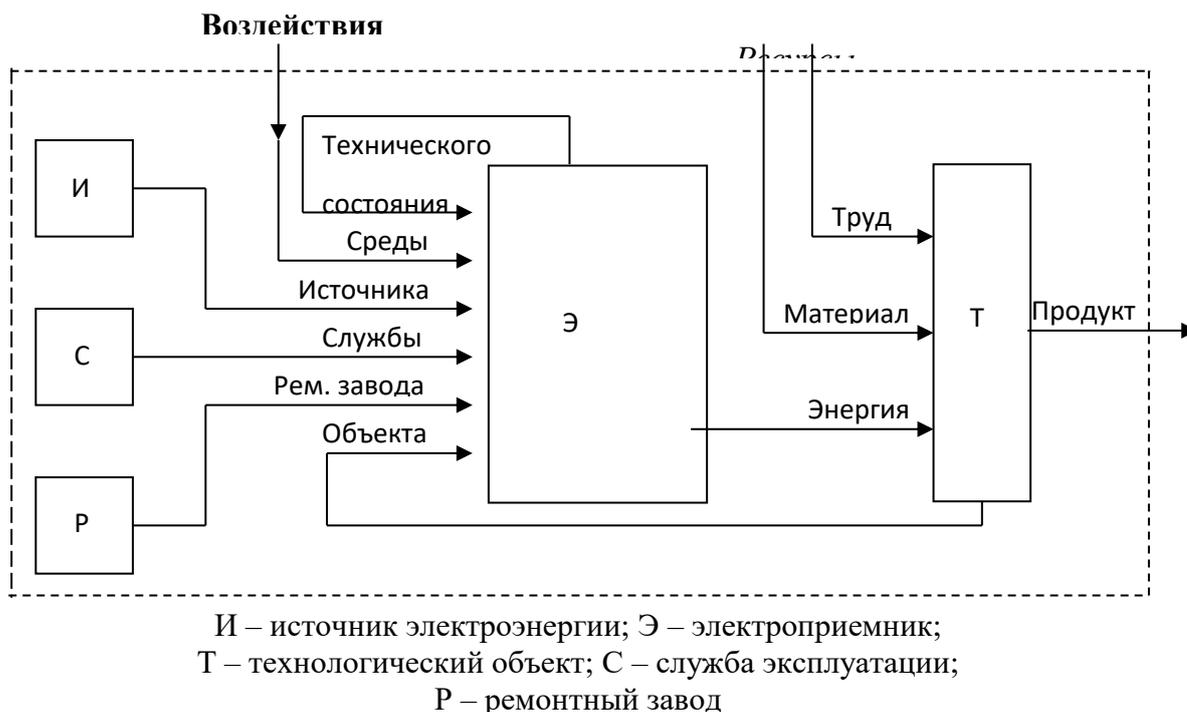
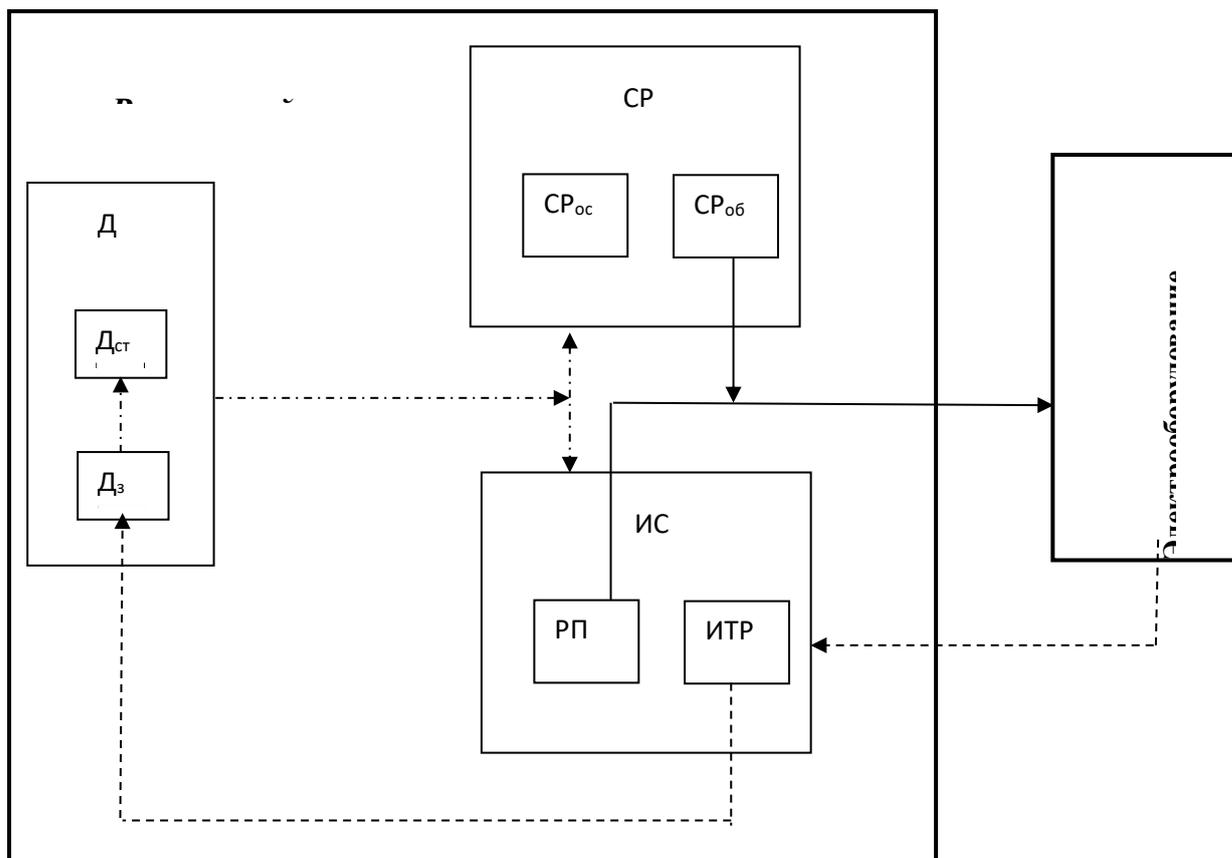


Рис. 2. Структурная схема ИЭТСР

Из четырех элементов этой структурной схемы, оказывающих влияние на работоспособность электрооборудование, только один могут контролировать хозяйства – службу эксплуатации. Основной задачей этой службы является техническое обслуживание, текущий ремонт и взаимодействие с ремонтными заводами для организации капитального ремонта.

Описать воздействие электроремонтного завода на показатели надежности восстанавливаемого оборудования можно с помощью подструктуры «Ремонтный завод электрооборудование» (рис.3), которая включает в себя исполнителей ремонта (ИС), технические средства ремонта (СР) и документацию (Д), необходимую для организации капитального ремонта. Каждый из перечисленных элементов имеет свою внутреннюю структуру, представленную на рис.3. На этом же рисунке указаны стрелками

непосредственное, информационное и управляющее воздействие между элементами, входящими в подсистему «Ремонтный завод».



Д – документация ($D_{ст}$ – стандартизационная, нормативная, технологическая и техническая документация, $D_з$ – документация по управлению запасами)

СР – технические средства ($СР_{ос}$ – основные технические средства, $СР_{об}$ – обратные технические средства)

ИС – исполнители ремонта (РП – рабочий персонал, ИТР – инженерно-технические работники)

- ▶ непосредственное воздействие
- - - - -▶ информационная связь
- · - · -▶ управляющее воздействие

Рис. 3. Подсистема ремонтный завод – электрооборудование

Согласно системе планово-предупредительного ремонта электрооборудования в сельском хозяйстве, эксплуатационные службы обеспечивают поддержание и восстановление работоспособности электрооборудования. Запаси являются основным звеном в системе технического обслуживания и ремонта, которое обеспечивает

ремонтпригодность, эксплуатируемого электрооборудования. Но избыточный резерв запанных частей может привести к неоправданно большим затратам на их закупку, транспортировку и хранение [7, 4, 8]. Поэтому необходима методика по оптимизации резерва, предложенная в работах [1, 6, 15].

Для эффективного взаимодействия эксплуатационных служб хозяйств и предприятий, осуществляющих капитальный ремонт электрооборудования, необходимо отразить методику оптимизации резерва запчастей в документации, которая является составным элементом подсистемы «Электрооборудование – ремонтный завод».

Оптимизация резерва запчастей является перспективным направлением повышения работоспособности электрооборудования. Мероприятия по прогнозированию спроса на запчасти должны быть отражены в документации подсистемы «Электрооборудование – ремонтный завод» обобщенного предмета теории эксплуатации электрооборудования, представленного новой схемой «Источник электроснабжения – электроприемник – технологический объект – служба эксплуатации – ремонтный завод».

Список используемых источников

1. Буторин В.А., Банин Р.В., Царев И.Б. Методика оптимизации аварийного резерва запасных элементов РЭС по обслуживанию сельских распределительных сетей // Сборник: Научные проекты Южно-Уральского государственного аграрного университета / под ред. М. Ф. Юдина. Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2016. С. 71-72.
2. Буторин В.А., Саплин Л.А., Царев И.Б., Гусейнов Р.Т. Оценка параметра начальной скорости изнашивания модели долговечности упорного подшипникового узла погружных электродвигателей // АПК России. 2019. Т. 26. № 5. С. 801-805.
3. Буторин В.А., Царев И.Б., Банин Р.В., Шарпилов А.Ю. Время первой проверки состояния контактов магнитного пускателя // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 2(30). С. 58-60.
4. Буторин В.А., Царев И.Б., Буторин Д.В. Затраты, связанные с омертвлением денежных средств при создании ремонтными предприятиями резерва запасных частей // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 67. №1. С. 14-17.

5. Буторин В.А., Царев И.Б., Ткачев А.Н. Теоретическая оценка плотности распределения ресурса пленочных электронагревателей // Достижения науки и техники АПК. 2011. №1. С. 79-80.
6. Буторин В.А., Царев И.Б. Планирование запасов обмоточного провода на электроремонтных предприятиях районного уровня // Техника в сельском хозяйстве. 2008. №3. С. 21-23.
7. Буторин В.А., Царев И.Б. Оценка отдельных составляющих затрат, связанных с аварийным резервом запасных частей районов электрических сетей // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 70. С. 14-17.
8. Буторин В.А., Царев И.Б. Функция затрат на запасы в единицу времени электроремонтных предприятий при дискретном спросе // Вестник Челябинского агроинженерного университета. 2003. Т. 39. С. 28-33.
9. Ерошенко Г.П., Коломиец А.П., Кондратьева Н.П., Медведько Ю.А., Таранов М.А. Эксплуатация электрооборудования. М.: «КолосС», 2005. 592 с.
10. Ильин Ю.П., Хохлов А.В., Царев И.Б., Кузьмина Н.Ю., Рудных Н.В. Оценка выхода биогаза при мезофильной переработке сенажа топинамбура в биогазовом кластере // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 68. С. 39-49.
11. Новик И.В. Повышение уровня эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве / И.В. Новик // Сборник научных трудов по материалам III тура Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства России (номинации "Зоотехния", "Агроинженерия", "Технические науки"). Саратов: КУБиК, 2011. С. 54-57. EDN LEEUFB
12. Новик И.В. Сушка асинхронных электродвигателей токами нулевой последовательности при вращающемся роторе / И. В. Новик // Итоги диссертационных исследований: Сборник материалов. Москва: Российская академия наук, 2015. С. 12-17. EDN EPIOTE
13. Патент № 2581819 С1 Российская Федерация, МПК H02K 15/12, H02P 1/16. Способ сушки изоляции обмоток электродвигателя токами нулевой последовательности и устройство для его осуществления: № 2014146375/07: заявл. 18.11.2014: опубл. 20.04.2016 / Р.В. Банин, Г.А. Петров, И.В. Новик; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего профессионального образования "Челябинская государственная агроинженерная академия". EDN MDKYJB

14. Саплин Л.А., Буторин В.А., Гусейнов Р.Т., Царев И.Б. Параметры распределения ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов // АПК России. 2020. Т. 27. № 1. С. 130-134.

15. Царев И.Б. Прогнозирование резерва запасных элементов специализированных предприятий районного уровня по ремонту электродвигателей в АПК: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02. Челябинск, 2009. 151 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ КВАДРОКОПТЕРОВ В СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ

Егоров Г.И. – студент бакалавриата, «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

Юртунбаев Д.Р. – студент бакалавриата, «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

Аннотация

В данной научной статье исследуется применение бесколлекторных и коллекторных моторов в беспилотных летательных аппаратах (БПЛА). Рассматриваются особенности каждого типа моторов, их преимущества и недостатки. Также проводится сравнительный анализ эффективности использования обоих типов моторов в контексте создания беспилотных летательных аппаратов. Показано, что требуются дополнительные средства для исследования и контроля характеристик электрических двигателей. Предложен автоматизированный стенд для исследования электрических двигателей в статических и динамических режимах.

Беспилотные летательные аппараты стали широко применяться в различных сферах: мониторинг линий электропередачи, экологический мониторинг, мониторинг трубопроводов, разведка местности, доставка грузов, военная сфера и многие другие. Одним из ключевых аспектов разработки БПЛА является выбор электродвигателей, которые обеспечат необходимую мощность, надежность и эффективность. В данной статье рассматривается использование двух типов моторов: бесколлекторных и коллекторных. Исследуется их применение в беспилотных летательных аппаратах.

Бесколлекторные моторы представляют собой электромеханические устройства, которые используют постоянные магниты в роторе и набор обмоток в статоре. Конструкция бесколлекторных электродвигателей представлена на рисунке 1.

Любой электрический двигатель состоит из неподвижной части – Статора и подвижной части – Ротора. Для того чтобы началось вращение, нужно по очереди менять направление тока. Эту функцию и выполняют коллектор и щетки [1], ограничивающие надежность соответствующих двигателей.

Бесколлекторные моторы имеют ряд преимуществ при применении в беспилотных летательных аппаратах. Во-первых, они обладают высокой эффективностью, поскольку отсутствует трение щеток, которое характерно для коллекторных моторов. Это позволяет бесколлекторным моторам преобразовывать большую часть подводимой электрической энергии в механическое вращение, что повышает общую энергоэффективность БПЛА и увеличивает его дальность полета.

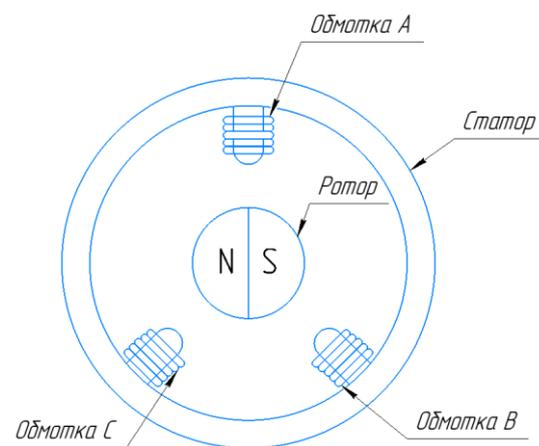


Рис.1. Конструкция бесколлекторного электродвигателя

Во-вторых, бесколлекторные моторы характеризуются низким уровнем шума, что является важным фактором при разработке беспилотных летательных аппаратов.

В-третьих, бесколлекторные моторы обладают высокой долговечностью и требуют меньше обслуживания по сравнению с коллекторными моторами. Это снижает затраты на техническое обслуживание и повышает доступность БПЛА.

Коллекторные моторы, также известные как щеточные моторы, используются в различных типах беспилотных летательных аппаратов. Они состоят из статора с обмотками и ротора с коммутатором и щетками, которые осуществляют коммутацию электрического тока в обмотках статора [2].

Одним из ключевых преимуществ коллекторных моторов является высокий крутящий момент на низких оборотах, что позволяет беспилотным летательным аппаратам осуществлять вертикальный взлет и посадку. Это особенно важно для мультироторных БПЛА, таких как квадрокоптеры или мультикоптеры, которые требуют способности к точному управлению тягой и стабильности в вертикальном движении.

Коллекторные моторы также обладают более простой конструкцией и требуют меньше сложной электроники управления по сравнению с бесколлекторными моторами. Это делает их более доступными и более простыми в интеграции в систему управления БПЛА. Они могут быть более привлекательным выбором для беспилотных летательных аппаратов с ограниченными бюджетами или в случаях, когда высокая точность и регулировка оборотов не требуются.

Однако следует отметить, что коллекторные моторы имеют некоторые недостатки. Из-за трения щеток о коммутатор, они обычно имеют более высокий уровень шума по сравнению с бесколлекторными моторами. Также из-за механического износа щеток и коммутатора, коллекторные моторы требуют более частого обслуживания и замены этих компонентов.

Для более детального сравнения характеристик электродвигателей была предложена разработка стенда проверки электродвигателей, структурная схема которого представлена на рисунке 2. Данная система позволяет анализировать основные параметры как коллекторных, так и бесколлекторных электродвигателей постоянного тока.

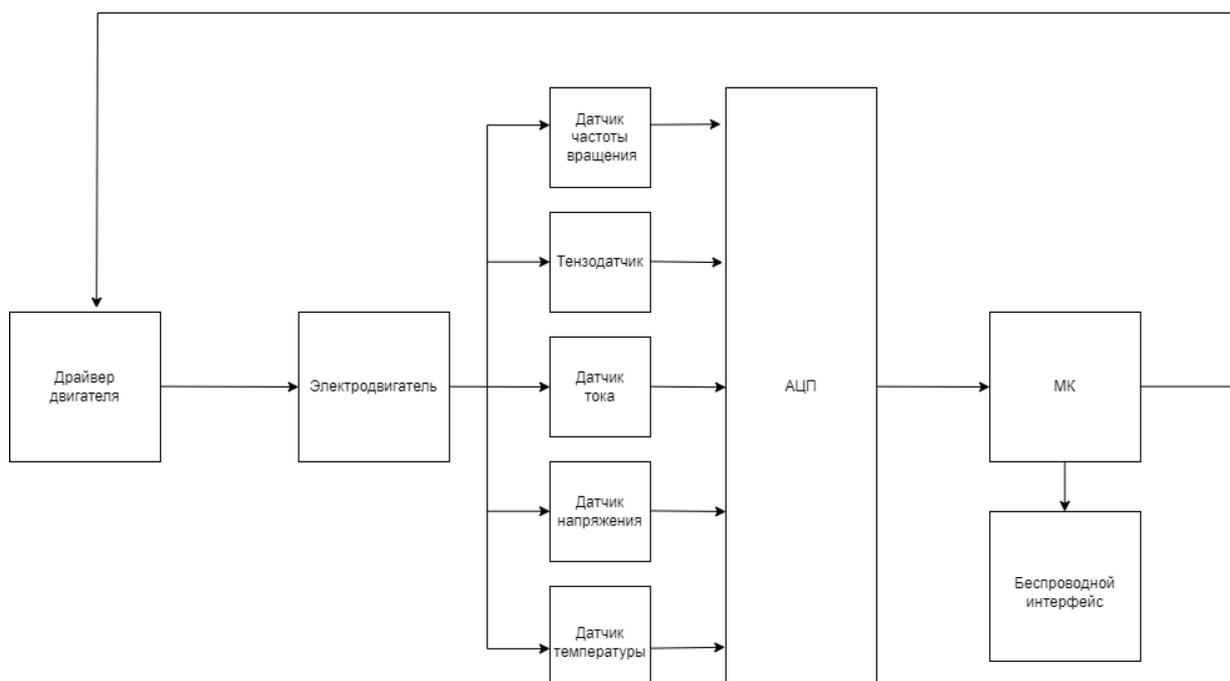


Рис.2. Структурная схема стенда проверки электродвигателей

Структурная схема представляет из себя драйвер двигателя с подключенным к нему мотором, набор датчиков, анализирующие параметры электродвигателей: частота вращения, момент вращения, электрический ток, напряжение, температура. Выходные параметры с датчиков дискретизируются с помощью АЦП и обрабатываются микроконтроллером, управление и мониторинг данных реализован при помощи беспроводного интерфейса (Wi-Fi).

Стенд состоит из следующих основных элементов: Электродвигатель – исследуемый электромотор. Драйвер двигателя – устройство, обеспечивающее управление электродвигателем. Датчики частоты вращения, тензодатчик, тока и напряжения – устройства, измеряющие соответствующие параметры электродвигателя. Беспроводной интерфейс – устройство, обеспечивающее передачу данных от датчиков к компьютеру для обработки.

Работа стенда заключается в следующем: Электродвигатель запускается драйвером двигателя. Датчики измеряют частоту вращения, ток и напряжение электродвигателя. Данные с датчиков передаются по беспроводному интерфейсу на компьютер. Компьютер обрабатывает данные и отображает результаты на экране.

С помощью стенда можно измерять следующие характеристики электродвигателей: мощность, крутящий момент, энергоэффективность, частота вращения, ток, напряжение, температура.

Стенд можно использовать для сравнения характеристик различных электродвигателей, а также для оценки влияния различных факторов на характеристики электродвигателя (например, скорости вращения, нагрузки, температуры).

Рассмотрим подробнее работу отдельных элементов стенда:

Электродвигатель – это устройство, преобразующее электрическую энергию в механическую.

Драйвер двигателя – это устройство, обеспечивающее управление электродвигателем. Драйвер двигателя преобразует электрический сигнал от контроллера в сигнал, управляющий электродвигателем.

Датчики частоты вращения, тока и напряжения используются для измерения соответствующих параметров электродвигателя. Датчик частоты вращения используется для измерения частоты вращения вала электродвигателя. Частота вращения электродвигателя является важным параметром, который определяет скорость и тягу БПЛА. Датчик тока используется для измерения тока, потребляемого электродвигателем. Ток электродвигателя является важным параметром, который определяет мощность и эффективность электродвигателя. Датчик напряжения используется для измерения напряжения, подаваемого на электродвигатель. Напряжение электродвигателя является важным параметром, который определяет скорость и тягу БПЛА.

Беспроводной интерфейс используется для передачи данных от датчиков к компьютеру для обработки. Беспроводной интерфейс необходим для того, чтобы можно было удаленно контролировать и анализировать работу стенда. Беспроводной интерфейс может быть реализован различными способами, например, с помощью Wi-Fi, Bluetooth или радиоканала.

Стоит отметить, что при эксплуатации БПЛА в различных условиях, на электродвигатель может воздействовать нагрузка различной силы. При этом, в характеристики электродвигателя могут быть отличными от статической нагрузки. Для того, чтобы изучить динамические характеристики коллекторных и бесколлекторных электродвигателей дополним текущую схему блоком управляемой нагрузки (рис.3).

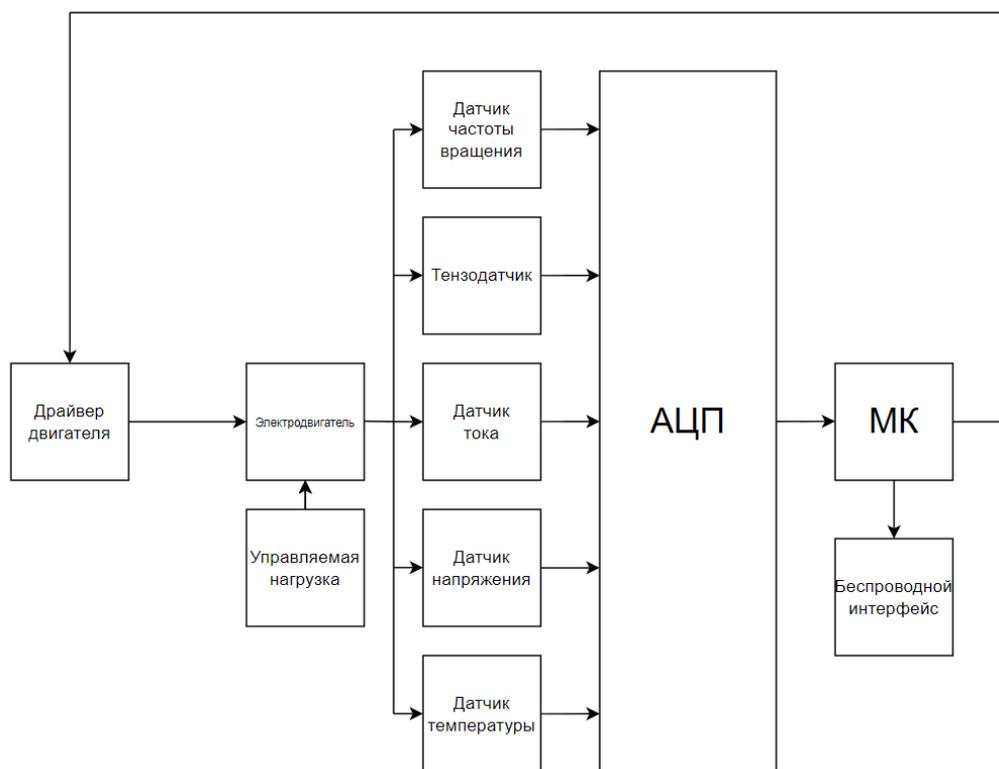


Рис.3. Структурная схема стенда динамической проверки электродвигателей

Управляемая нагрузка – это устройство, создающее тормозящий момент на валу электродвигателя. Управляемая нагрузка необходима для того, чтобы электродвигатель работал в динамических условиях. Управляемая нагрузка может быть реализована различными способами, например, с помощью электромеханического тормоза, гидравлического тормоза или электромагнитного тормоза.

После запуска электродвигателя управляемая нагрузка создает постоянный тормозящий момент, воздействующий на вал электродвигателя. После достижения двигателем установившегося режима по сигналу микроконтроллера вырабатывается сигнал, приводящий к изменению момента сопротивления нагрузки. Изменение тормозящего момента приводит к появлению переходных процессов: изменяется ток и напряжение, изменяется частота вращения электродвигателя, изменяется давление на валу электродвигателя и его температура [3].

Эти переходные процессы посредством датчиков преобразуются в электрические сигналы, которые затем обрабатываются в аналого-цифровом преобразователе и в микроконтроллере производятся вычисления динамических нагрузок. При этом целесообразно использовать различные модели

релаксационных процессов в электрических двигателях, например, на основе дифференциальных уравнений [4] и модельного описания релаксационных характеристик [5], в том числе с использованием аппарата искусственных нейронных сетей [6]. Это позволит решать задачи контроля и диагностики электрических двигателей, а также улучшить их модельное описание.

На основе проведенного сравнительного анализа можно заключить, что выбор между бесколлекторными и коллекторными электродвигателями зависит от характеристик и особенностей эксплуатации устройств, на которые они устанавливаются. Коллекторные электродвигатели могут быть предпочтительными для разработки беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), предназначенных для ограниченных по времени полетов на небольшие расстояния при ограниченном бюджете, тогда как применение бесколлекторных двигателей предпочтительно при необходимости обеспечения высокой надежности. Для обоих типов двигателей актуальной задачей является оценка их технического состояния и повышения точности их модельного описания. Для решения этих задач предложен и разработан стенд автоматической для исследования электродвигателей, позволяющий изучать их характеристики и осуществлять контроль при статических и динамических нагрузках.

Список используемых источников

1. Денисов Е.С., Никишина Г.В., Енилиев Р.Р., Никишин Т.П. Особенности реализации метода контроля технического состояния литиевых источников тока на основе анализа релаксационных процессов, вызванных изменением нагрузки // Контроль. Диагностика. 2023. Т. 26, № 7(301). С. 36-43.
2. Литиево-ионные аккумуляторы // Информационный сайт об аккумуляторах URL: <https://akbzona.ru/litievye/litij-polimernyj-akkumulyator> (дата обращения: 10.01.2024).
3. Патент 66526 Российская Федерация U1 МПК G01M 15/00 (2006.01). Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах: опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю.К. Евдокимов, С.А. Синицкий, В.М. Медведев, Е.С. Денисов, А.С. Графский, С.В. Мягков.
4. Цопов Г.И. Проектирование коллекторных электродвигателей переменного тока малой мощности: учебное пособие / Цопов Г.И., Овсянников В.Н. Самара: СамГТУ, 2011. 114 с.

5. Юлдашев А.К., Хайрутдинов И.Н. Стенды для исследования двигателей внутреннего сгорания при неустановившихся нагрузках. Казань: Изд-во «ФЭН», 2002. 303 с.

ВЛИЯНИЕ РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО СВЕТОДИОДА НА ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

*Калашиков Д.С. – аспирант, Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ*

Аннотация

В данной статье рассматриваются возможные последствия перегрева полупроводниковых светоизлучающих структур и влияние температуры окружающей среды на работоспособность таких устройств. Разработана структурная схема стенда для проведения экспериментов на влияние окружающей среды. Также приведены несколько способов поддержания оптимального температурного режима.

Светодиоды являются одной из самых популярных и эффективных технологий освещения [1]. Они используются во многих сферах, включая домашний и коммерческий свет, автомобильное освещение и подсветку дисплеев. Однако для достижения наилучших результатов и долговечности необходимо соблюдать температурные режимы, в которых светодиоды имеют наибольшую эффективность.

В процессе работы полупроводникового светодиода он неизбежно нагревается. Несмотря на высокую светоотдачу, данная технология по-прежнему сталкивается с проблемами повышения эффективности. Светодиоды, обладающие наибольшей эффективностью, способны преобразовать в свет 50-60% подаваемой на них электроэнергии. Остальное выделяется в виде тепловой энергии, которая обязана отводиться от полупроводниковых устройств. Несоблюдение рабочей температуры внутри полупроводникового светоизлучающего устройства способствует ухудшению характеристик, а именно влияет на оптические показатели и приводит к уменьшению срока службы. Кроме проблемы отведения тепла, вырабатываемого самим светодиодом, существует фактор температуры окружающей среды, который также вносит свои коррективы в общий температурный режим.

Рассмотрим наиболее частые последствия перегрева светодиодных элементов/

1. Термическое падение КПД. Длительная работа светодиода при температуре, превышающей верхнюю границу перехода, приведет к увеличению оптических потерь и безызлучательной рекомбинации. Эти же процессы приведут к снижению внешней квантовой эффективности в светодиоде, т.к. они тоже зависят от температуры.

2. Снижение излучаемой светоотдачи. Несмотря на то, что тепловое падение представляет из себя непродолжительный (обратимый) процесс, длительная работа при температуре выше нормы, может значительно ускорить снижение освещенности, что представляет собой постепенное снижение светоотдачи. При каждом повышении температуры соединения на 10 °С срок службы светодиода (определяемый как поддержание яркости на 70%) сокращается на 30-50%.

3. Изменение спектральных характеристик. Как известно, рабочая температура светодиодного элемента оказывает непосредственное влияние на ширину запрещенной зоны полупроводника, которая является разницей энергии между зоной проводимости отрицательной области и валентной зоной положительной области. Именно энергия этой запрещенной зоны определяет длину волны, которую производит светодиод. Прямо пропорциональная зависимость длины волны от температуры перехода говорит о том, что с повышением температуры перехода цвет, излучаемый элементом, будет изменяться в сторону высокого конца спектра.

4. Механическое повреждение светодиода. Быстрое возрастание температуры и высокий показатель коэффициента теплового расширения приведут к деформации эпоксидного герметика корпуса светодиода. Из-за преждевременного износа и разрыва соединительной проволоки внутри корпуса светодиодного элемента может произойти неисправность.

5. Нарушение токопроводящих путей. Термически индуцированные деформации приводят к появлению напряжения в области межсоединений и, таким образом, поставить под угрозу надежность паяльного соединения.

С целью выявления зависимости температуры окружающей среды от свечения исследуемого образца была разработана структурная схема стенда, благодаря которой можно экспериментально проверить данный параметр. Структурная схема измерительного канала выглядит следующим образом:

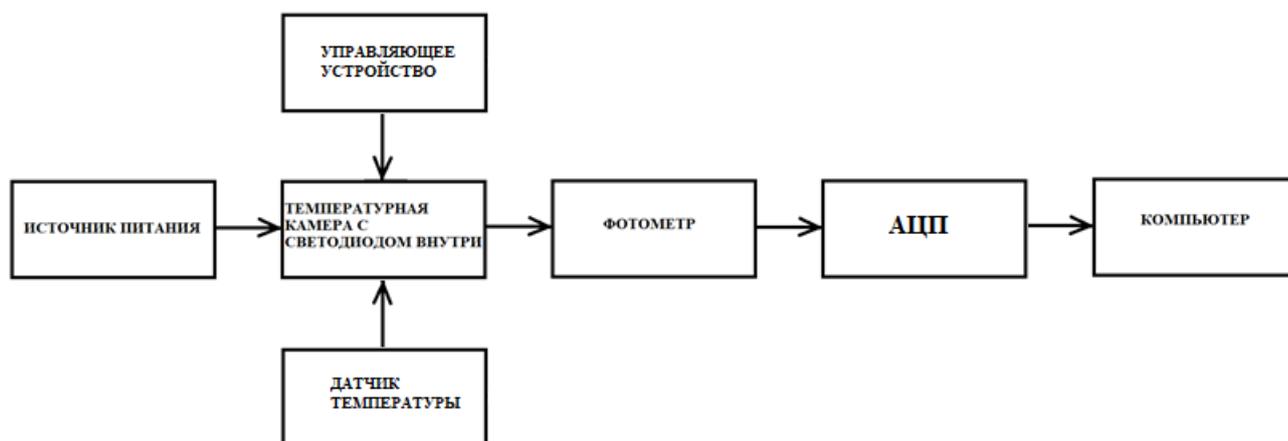


Рис. 1. Структурная схема измерительного канала

Стенд представляет из себя источник питания, благодаря которому происходит подача электрического тока на светодиод, находящейся внутри температурной камеры. Для расширения границ проведения исследования, можно использовать источник питания с возможностью регулирования подаваемой силы тока, что позволит фиксировать изменения свечения при разных значениях напряжения питания. В камере установлен нагревательный элемент, который разогревает воздух до температуры. С помощью управляющего устройства регулируется температурный режим. Датчик температуры необходим для контроля значений, установившегося внутри камеры температуры. Свет, излучаемый светодиодом, регистрируется на фотометре, который передает полученные данные на АЦП. Более современные и дорогие фотометры, как правило, имеют встроенные АЦП и разъем для подключения к ПК. Последним элементом в схеме является компьютер, собирающий и анализирующий поступившие на него данные.

Алгоритм проведения эксперимента, следующий: необходимо провести измерения светового излучения исследуемого образца сначала при обычной комнатной температуре, повышая в процессе напряжение питания с определенным шагом. Следующий шаг заключается в повышении температуры внутри камеры и проведении таких же измерений с постепенным увеличением подаваемого напряжения. Важный момент состоит в устранении влияния на окончательные показатели переходных процессов. Необходимо проводить измерения, выждав примерно полчаса после стабилизации температурного режима.

Стабилизация температуры одного единственного светодиода в современных технических и научных интересах не совсем актуальна, т. к. в

большинстве случаев на светодиодных элементах базируются целые системы, такие как автомобильные фары, светодиодные экраны, освещение и т. д. Поддержание оптимальной рабочей температуры в таких случаях рассматривается комплексно для всей светоизлучающей составляющей. Поэтому очень важно еще на этапе конструирования произвести точные расчеты рассеивания тепловой энергии, во избежание возможных неисправностей. В работах [5, 6] приведены следующие способы поддержания рабочей температуры.

1. Стабилизация температуры полупроводникового перехода помогает достичь необходимых оптических характеристик, увеличить эффективность потребляемой энергии и продлить срок службы светодиодных элементов. Температура соединения светодиода первостепенно зависит от следующих параметров: ток возбуждения, тепловой путь и температура окружающей среды. В реальных условиях температура окружающей среды очень поддается корректировке, поэтому грамотные схемотехнические решения, способствующие отведению избыточной тепловой энергии, помогут продлить рабочее состояние элемента.

2. Противоречие выбора тока привода. До момента уменьшения высокой эффективности по току, светоизлучающие элементы могут работать сильнее с целью большей светоотдачи. Превышение номинального тока возбуждения, питающего светодиодную матрицу, неизменно приведет к росту выходной мощности, связанного, как правило, с высокой плотностью теплового потока. Следовательно, ток возбуждения должен совпадать с температурными требованиями системы или же необходима компенсация избыточной тепловой энергии.

3. В процессе работы светодиодная матрица будет неизбежно нагреваться, поэтому материал, из которого выполнена подложка корпуса светодиода, должна отводить тепло от матрицы в достаточном количестве. Термическая стабильность люминофорной оболочки также очень важна. Для эффективного рассеивания тепла, которое производится в люминофоре, необходима не только отличная устойчивость к термической закалке, но и хорошая теплопроводность. Реальные тепловые характеристики светодиодного драйвера в равной степени важны для управления температурой светодиодных светильников. Такие схемотехнические решения, как замена электролитических конденсаторов на керамические, позволит увеличить количество термостойких

элементов, что повысит способность устройства работать в более высоких температурных условиях.

4. Тепловую энергию, выделяемую около соединения светодиодных устройств, необходимо передать в систему освещения. В реализации данной задачи на первый план выходят такие параметры как надежность соединения корпуса полупроводника и печатной платы, температурный профиль процесса оплавления и другие технологические процессы. Во избежание неисправностей следует учитывать тепловое расширение корпуса светодиода и возможности расширения материала печатной платы.

Особый интерес будут представлять релаксационные процессы, наблюдающиеся в светодиоде при резком изменении рабочих параметров или температуры. Здесь могут использоваться методики на основе модельного [8,9] или нейросетевого [10, 11] описания для накопления экспериментальных данных для разработки перспективных средств диагностики и контроля светодиодных источников.

Таким образом, при соблюдении вышеуказанных рекомендаций, и принятии во внимания описанных факторов, можно увеличить срок службы светодиодных устройств, а также использовать их максимально эффективно.

Список используемых источников:

1. Ван дер Зил А. Шум. Источники, описание, измерение. М.: Сов. радио, 1973. 177с.
2. Денисов Е.С. Нейросетевая система релаксационной диагностики водородных топливных элементов. Южно-Сибирский научный вестник, 2023. 16 с.
3. Евдокимов Ю.К. Автоматизированные системы измерения, контроля и управления РЭС. Казань: Издание Казанского Государственного Технического Университета, 1999. 52 с.
4. Евдокимов Ю.К., Денисов Е.С., Шахтурин Д.В. Фрактальный анализ флуктуаций и статистической динамики для количественной оценки сложных систем. Казань: Изд-во МОН РТ, 2011. 103 с.
5. Коган Ш.М. Электронный шум и флуктуации в твердых телах. М: Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2009. 368 с.
6. Лукьянчикова Н.Б. Флуктуационные явления в полупроводниках и полупроводниковых приборах. М.: Радио и связь, 1990. 296 с.

7. Никишина Г.В. Идентификация параметров электрической модели электрохимических источников тока на основе анализа переходных процессов, вызванных изменениями нагрузки. // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. Казань: 2022. С. 121-128.

8. Полупроводниковые диоды. Параметры, методы измерений: научное издание / И. И. Абкевич; под ред.: Н. Н. Горюнова, Ю. Р. Носова, 1968. 304 с.

9. Пряников В.С. Прогнозирование отказов полупроводниковых приборов. М: Энергия, 1978. 112 с.

АНАЛИЗ РАБОТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

*Ольховатов Д.В. – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»
ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»*

*Шевкунова А.В. – к.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»
ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»*

Аннотация

В статье рассматривается анализ работы IGBT-транзистора и тиристора. Моделирование выполнено в среде MATLAB Simulink. Выделены особенности работы данных полупроводников и даны рекомендации в рамках применения для ВПП электровозов переменного тока.

Электроника и на ее основе созданная преобразовательная техника – это высокоэффективное средство для всего железнодорожного транспорта. Разработки в области силовой электроники позволили использовать в системах электрической тяги более мощные электродвигатели переменного тока, например, асинхронные, синхронные с постоянными магнитами и вентильно-индукторные.

Современные компьютерные программные комплексы [1–3], такие как MATLAB Simulink, предоставляют возможность для детального исследования функционирования электронной техники, возникающих проблем и их решения.

Воспользовавшись инструментами программы MATLAB на базе пакета Simulink, проведем сравнение принципов работы полупроводниковых приборов таких как тиристор и IGBT-транзистор, устанавливаемых в силовых цепях электровозов переменного тока.

Датой создания тиристора, имеющего четырёхслойную структуру, принято считать 1955 г. [4]. Тиристоры структуры $p-n-p-n$ можно отнести к особому классу транзисторов, четырехслойных. Устройство тиристора дает возможность работы подобно диоду, т. е. пропускать ток только в одном направлении. Управляющий электрод тиристора аналогичен базе биполярного транзистора, с тем различием, что открыть можно, а закрыть – нет. В отличие от полевых транзисторов, тиристоры обладают способностью коммутировать мощности, исчисляемые мегаваттами. Однако один из главных недостатков данного прибора – это значительное время выключения. Чтобы обеспечить переход тиристора в закрытое состояние необходимо прервать или значительно уменьшить прямой ток, проходящий через него.

В библиотеке SimPowerSystem есть две модели тиристора. В рамках данного исследования использована упрощенная модель – Thyristor (рис. 1, а) [5].

В упрощенную модель тиристора (рис. 1, б) входят последовательно соединенные резистор (R_{on}), индуктивность (L_{on}), источник постоянного напряжения (V_f) и ключ (SW) (рис. 4.3). Работой ключа управляет блок логики. Замыкание ключа происходит при условии положительного напряжения на тиристоре и сигнала на управляющем электроде. Соответственно размыкание ключа обеспечивается при условии достижения тока, протекающего через тиристор (I_{ak}), нулевого значения.

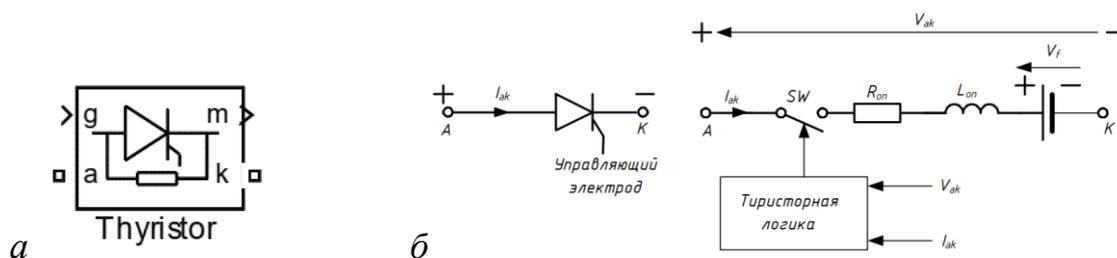


Рис. 1. Пиктограмма упрощенной модели тиристора (а) и его структурная схема (б)

Как видно, из рисунка 2, б, параллельно тиристору включена цепь, состоящая из последовательно соединенных R и C . Роль данного схемотехнического решения заключается в выполнении демпфирующих функций [4]. Окно задания параметров блока Thyristor представлено на рисунке 2.

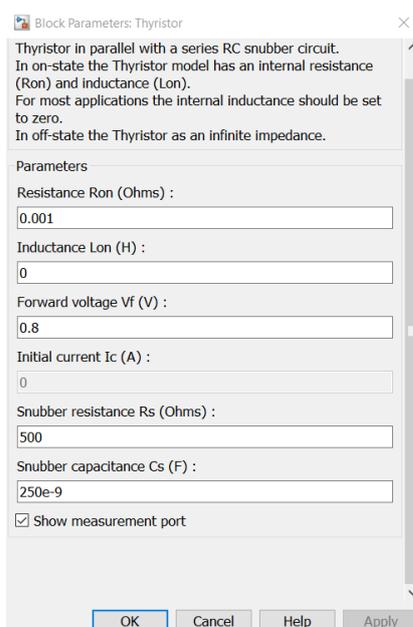


Рис. 2. Окно для задания свойств блока Thyristor

Схема модели и результат моделирования, управляемого однополупериодного выпрямителя, представлены на рисунке 3. Ток и напряжение на нагрузке выведены как моделируемые величины. Блок Pulse Generator необходим для формирования управляющих импульсов. Величина угла управления определяется через длительность фазовой задержки генератора (Phase Delay) и равна в данном случае $\alpha = 45^\circ$ [4].

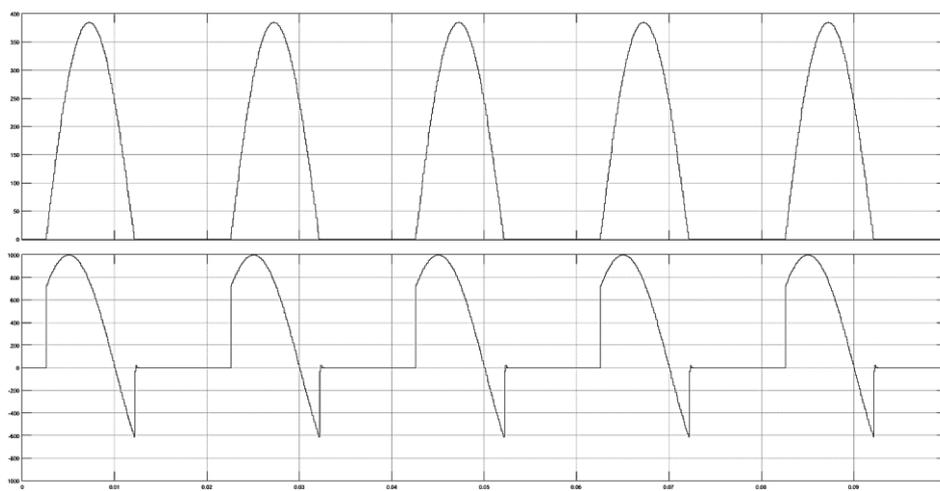
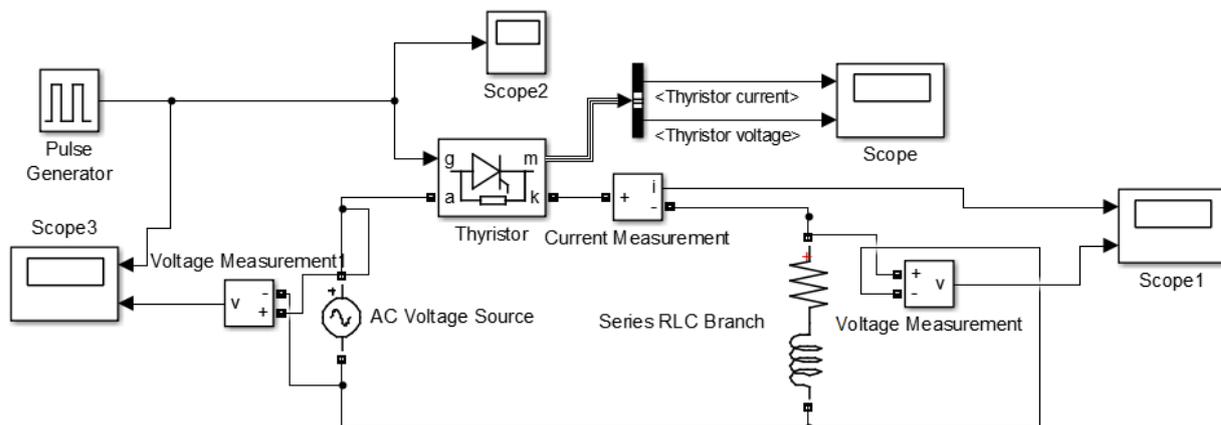


Рис. 3. Модель и результаты моделирования однофазного управляемого выпрямителя с углом управления 45°

Согласно общепринятой классификации транзисторы подразделяются на биполярные и полевые. В рамках настоящего исследования моделирование проводится IGBT-транзистора, который представляет собой некий гибрид вышеупомянутых видов полупроводников. Конструктивно IGBT-транзистор – это трехполюсное устройство, состоящее из управляющего затвора (З), коллектора (К) и эмиттера (Э). В русскоязычной терминологии используется название БТИЗ (биполярный транзистор с изолированным затвором). В современном мире IGBT-транзистор является основным полупроводниковым элементом силовой электроники, в частности электрического подвижного состава. Данное обстоятельство связано с рядом преимуществ: БТИЗ обладает стабильными выходными характеристиками с линейной зависимостью от управляющего сигнала (возможность управления током по напряжению); по сравнению с тиристорами IGBT-транзистор имеет более быстрое время отклика и могут работать на достаточно высоких частотах (например, приводы

двигателей переменного тока); довольно низкие потери мощности (в сравнении с тиристорами), что соответственно повышает эффективность работы; обладание свойством обратимости, которое дает возможность быстро переключать напряжение смещения.

Изображение пиктограмма БТИЗ транзистора из библиотеки SimPowerSystem представлено на рисунке 4, а. Структурная модель IGBT-транзистора (рис. 4, б) состоит из последовательно включенных резистора (R_{on}), индуктивности (L_{on}), источника постоянного напряжения (V_f) и ключа (SW).

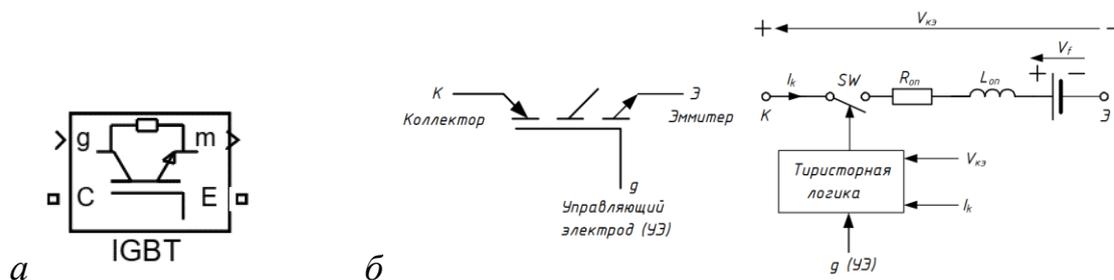


Рис. 4. Пиктограмма IGBT-транзистора (а) и структурная схема его упрощенной модели (б)

Работой ключа также управляет блок логики. В момент времени, когда напряжение К – Э положительно и больше, чем V_f и на затвор транзистора подан положительный сигнал ($g > 0$), тогда происходит включение. Чтобы произвести выключение прибора необходимо уменьшить сигнал на затворе до нуля ($g = 0$). Как и в модели с тиристором (рис. 2, б) в схеме транзистора (рис. 4, б) присутствует цепь RC с аналогичной целью.

Процесс выключения состоит из двух участков: время спада (T_f), при котором ток К – Э уменьшается до 0,1 от тока в момент выключения (I_{max}) и временем затягивания (T_t), при котором ток уменьшается до нуля.

Окно задания параметров блока представлено на рисунке 5.

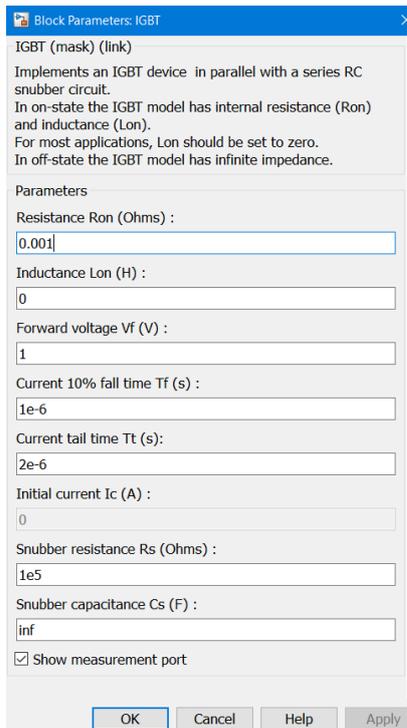


Рис. 5. Окно задания параметров блока IGBT

На рисунке 6 продемонстрирована схема полученной модели и графики тока и напряжения в активно-емкостной нагрузке.

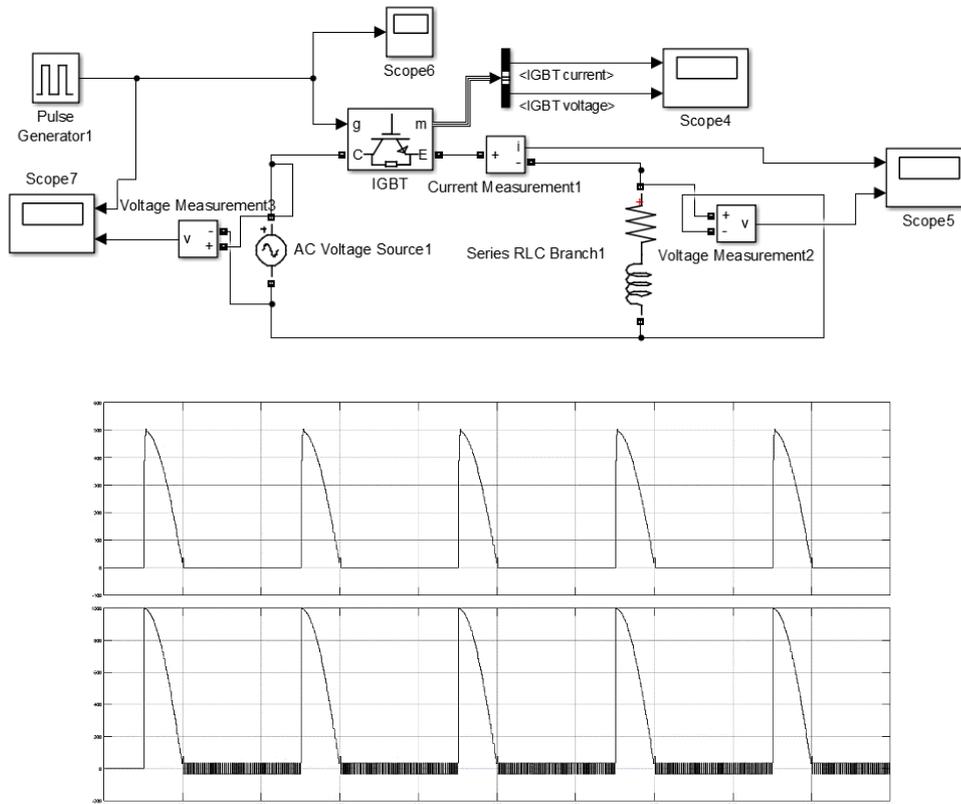


Рис. 6. Модель нереверсивного широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения на базе IGBT-транзистора

На электровозах переменного тока в составе тяговых преобразователей (ВИП) в последнее время все чаще применение находят IGBT-транзисторы и вызвано это следующими причинами.

Исходя из полученных результатов проведенного моделирования полупроводниковых приборов, можно сделать вывод, что постоянная времени тиристорного преобразователя определяется частотой питающей сети. Данное обстоятельство оказывает негативное влияние на характеристики системы управления. В случае использования IGBT-транзисторов постоянная времени преобразователя определяется несущей частотой переключения транзистора ключей и не зависит от частоты питающей сети. Ее значение может составлять тысячные доли секунды, что позволит более оперативно реагировать на такие кратковременные возмущающие воздействия типа пробуксовка и т.п. Устранение таких явлений для магистральных электровозов является первостепенной задачей. Именно поэтому настоящая положительная характеристика IGBT-транзистора дает возможность разработать энергоэффективные алгоритмы управления для ВИП электровозов. Усовершенствованное схемотехническое решение в итоге приведет к увеличению энергетических показателей тяговой подвижной единицы.

Список используемых источников

1. Дьяконов В. Многовариантное моделирование силовых устройств в MATLAB+Simulink // Силовая электроника. 2011. №1. С. 84-95.
2. Дьяконов В.П. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения. М.: Солон-Пресс, 2008. 756 с.
3. Лурье М.С., Лурье О.М. Имитационное моделирование схем преобразовательной техники. Для студентов всех форм обучения специальностей. Красноярск: СибГТУ, 2007. 138 с.
4. Ольховатов Д.В., Шевкунова А.В. Разработка энергоэффективного асинхронного электропривода мотор-вентилятора электровоза // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2023. № 3 (59). С. 46-55.
5. Шевкунова А.В. Исследование работы однофазного инвертора напряжения // Эксплуатация морского транспорта. 2023. № 2 (107). С. 197-203.

РОБОТЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Павлов Д.Д. – студент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова»

Научный руководитель: Мартко Е.О., ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова»

Аннотация

В статье рассматриваются значимость, преимущества роботов как в диагностике, так и в обслуживании. Ведь сейчас они увеличивают свое влияние на современную жизнь людей, добавляя в нее точность, простоту в некоторых работах, эффективность выполнения работ, способность выявления своевременных повреждений и необходимость замены оборудования и многое другое, без чего сегодня не может представить свою жизнь человек.

В современном мире, где энергетика играет ключевую роль, обслуживание высоковольтных линий электропередачи (ЛЭП) становится все более критическим процессом. Для повышения эффективности и безопасности таких операций, внедрение роботизированных систем для диагностики и обслуживания ЛЭП становится неотъемлемой частью современных энергетических технологий. На сегодняшний день в мире набирает популярность внедрение и эксплуатация роботов для диагностики и обслуживания линий электропередач, идея создания роботов диагностов, когда новые технологии и разработки внедряются в работу обслуживающего персонала линий и тем самым повышают безопасность выполняемых задач. Вследствие чего снижают травматизм, так как теперь не требуется оснащенная всеми инструментами и полностью экипированная бригада рабочих, которая самостоятельно будет забираться на ЛЭП и проводить осмотры и тем самым рисковать своим здоровьем и даже жизнью, достаточно одного робота и оператора, который будет удаленно координировать действия машины (рис. 1).

Роль роботов в диагностике

1. Бесконтактные измерения и диагностика

Роботы оборудованы высокоточными датчиками и измерительным оборудованием, что позволяет им проводить диагностику ЛЭП без необходимости физического контакта с оборудованием. Это снижает риск для рабочего персонала и улучшает точность диагностики.

2. Визуальный мониторинг

Интегрированные камеры и системы компьютерного зрения на роботах обеспечивают визуальный мониторинг состояния ЛЭП. Это включает в себя выявление механических повреждений, коррозии и других проблем, которые могут привести к сбоям или авариям.



Рис. 1. Робот для обслуживания ЛЭП

Преимущества роботов в обслуживании:

1. Эффективность и скорость

Роботы способны выполнять рутинные операции обслуживания ЛЭП более эффективно и быстро, чем человек. Роботы могут работать в 24/7 режиме, без необходимости отдыха или смены, что улучшает эффективность выполнения задачи. Они также могут быстро и точно осуществлять инспекцию и обслуживание ЛЭП, что помогает предотвращать поломки и сбои в работе системы. Это позволяет сократить временные затраты на обслуживание и уменьшить периоды простоя ЛЭП. Кроме того, роботы для обслуживания ЛЭП обладают мобильностью и гибкостью. Они способны передвигаться по сложным и недоступным местам, таким как горные районы или леса, и осуществлять задачи обслуживания. Их компактный размер позволяет им проникать в узкие пространства и работать в ограниченных условиях.

2. Безопасность работников

Использование роботов вместо человека для выполнения опасных работ на ЛЭП снижает риск несчастных случаев и обеспечивает безопасность персонала. Традиционная инспекция и обслуживание ЛЭП обычно выполняется людьми,

подвергая их высокому риску травмирования или даже смерти от электрического удара. Роботы же, в отличие от людей, обеспечивают безопасность и минимизируют потенциально опасные ситуации. Роботы способны оперировать в условиях высокого напряжения, где человеку было бы опасно находиться.

3. Мониторинг и регулировка

Роботы также способны проводить регулярный мониторинг параметров ЛЭП и автоматически вносить коррективы в случае обнаружения отклонений от нормы. Это содействует предотвращению возможных сбоев и увеличивает надежность энергосистемы. Роботы для обслуживания ЛЭП оснащены различными сенсорами и камерами, позволяющими производить детальные проверки и инспекции состояния ЛЭП. Они способны обнаруживать поврежденные или слабые компоненты, производить диагностику и распознавание неисправностей, а также осуществлять ремонтные работы, если это возможно. Важным аспектом работы роботов для ЛЭП является искусственный интеллект (ИИ), который позволяет им собирать и анализировать большие объемы данных для оптимизации работы и принятия решений. Роботы могут использовать ИИ для предсказания возможных поломок или сбоев, оптимизации планирования обслуживания и ремонтных работ, а также для увеличения энергоэффективности ЛЭП.

Компания из Японии HiBot, по запросу энергетической компании Kansai Electric, разработала, и в 2010 году представили, робота Expliner, работа которого направлена на диагностику и обслуживание высоковольтных ЛЭП. Робот крепится к линии электропередач, а оператор в свою очередь с экрана компьютера в офисе или непосредственно на объекте выполнения работ осуществляет визуальный контроль (рис.2). Перемещение робота по ЛЭП напоминает движение трамвая по рельсам, за исключением того, что робот движется снизу, под проводами. Медленно перемещаясь по линии, робот применяет лазерные датчики для выявления мест коррозии на проводах. По каналу GPS робот получает данные о своем местоположении, и передает их оператору, а восемь видеокамер, дают возможность оператору полностью рассмотреть механические повреждения, будь то оплавленный провод или трещина на нем.

Затем, после прохода роботом вдоль всей линии, ремонтная бригада уже будут точно понимать, где и на каком объекте находится неисправность, что необходимо заменить и исправить. Есть возможность диагностики

одновременно четырех параллельно идущих проводов. Различные препятствия, такие как зажимы и прокладки робот преодолевает самостоятельно, обходя их и маневрируя, благодаря подвижному центру тяжести. Робот переносит колеса через препятствие и продолжает движение. Есть препятствия и сложнее, для их преодоления потребуется помощь человека. Использование роботов позволяет ремонтным службам оперативно выявлять повреждения линий, такие как ржавчина, внутренняя коррозия, механическое повреждение. Это значительно экономит время и расходы на обследование линий традиционным путем, когда бригада подготовленных рабочих должна своими силами обойти всю линию электропередач. Установка роботов для обслуживания высоковольтных ЛЭП представляет собой передовой подход к обслуживанию и инспекции инфраструктуры электроэнергетических систем. Они повышают безопасность, эффективность и качество работы, позволяя предотвращать поломки и увеличивая надежность работы ЛЭП.

Обсуждение. Несмотря на то, что в последние годы была проделана большая работа, необходимо провести значительные изменения, прежде чем надежные автономные мобильные роботы будут регулярно проводить инспекцию или техническое обслуживание на сетях передачи. За последние 10 лет разработали несколько роботизированных систем, направленных на обслуживание трансляций в реальном времени, которые широко использовались в сети передачи Hydro Quebec. Из этой обширной области опыта и основанных на ключевых элементах современного обзора, представленных здесь, сделаны следующие выводы для будущего робототехники линии электропередачи: – Наилучший подход к локомоции, учитывая потребление энергии и скорость перемещения, катится по проводнику. – Средняя скорость движения должна составлять около 1,0 м/с. Значительно более низкая скорость ограничивала бы эффективность задачи инспекции; гораздо более высокая скорость, вероятно, станет небезопасной из-за возможного наличия непредвиденных препятствий, таких как сломанные нити. – Время пересечения препятствий не должно превышать 4 мин, опять же для эффективности проверки. – Достаточная грузоподъемность в диапазоне 15-20 кг должна быть нацелена на датчики и другие подсистемы, поскольку экономическая и стратегическая ценность передающих роботов заключается в их способности выполнять задачи обслуживания. Из этого следует, что перед повсеместным внедрением роботов в работу на линиях электропередач. Необходимо провести тщательный анализ их

работы на конкретных местах, для того что бы до начала запуска роботов в серию, предотвратить все дефекты и недостатки машины, а также подготовить рабочий персонал к нововведениям, чтобы разработка, которая несет своей работой пользу и безопасность, не привела к трагичным ситуациям.



Рис. 2. Оператор управления

С ростом зависимости общества от электроэнергии важно продолжать инвестировать в развитие роботизированных систем для диагностики и обслуживания ЛЭП. Эти технологии не только улучшают эффективность операций, но и содействуют повышению безопасности и надежности энергетических сетей. Таким образом, мы делаем вывод, что внедрение роботов, обслуживающих ЛЭП, является необходимой и повсеместной мерой, так как именно благодаря таким роботам, компания экономит время на ремонте линии, а также снижаются затраты на обслуживающий персонал, который теперь не должен самостоятельно обходить всю линию, чтобы найти неисправность. В результате этого увеличивается безопасность ремонтной бригады, который работает только по месту неисправности.

Список используемых источников

1. Онлайн журнал про электричество. // «Электрик Инфо» URL: <http://mail.electrik.info/main/news/1188-ispolzovanie-rob...ov-v-energetike.html> (дата обращения: 02.01.2024).
2. Примеры использования роботов в энергетике // «Электрик Инфо» URL: <https://electrik.info/main/news/1188-ispolzovanie-robotov-v-energetike.html> (дата обращения: 02.01.2024).

3. Таранов А.В., Нуркенова М.С., Касенова А.Е. Роботы по поддержке линии электропередач, способные преодолеть препятствия: анализ текущего состояния и вызовы // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. №11 (2). 6 с.

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ АВТОБУСНЫХ ОСТАНОВОК С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Павлов Д.Д. – студент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова»

Аннотация

Тема энергетической отрасли в настоящее время достаточно популярна. Проблемы современной энергетики интересуют ученых по всему миру. Потребление различных видов энергии является неотъемлемым условием существования человечества. Наличие доступной для потребления энергии всегда было необходимо для удовлетворения потребностей человека, увеличения продолжительности и улучшения условий его жизни. Каждый, кто в этом понимает, старается внести свой вклад в развитие данной отрасли.

На сегодняшний день научно-технический прогресс не стоит на месте. Развитие и модернизация происходит абсолютно во всех отраслях нашей жизни: производстве, экономике, науке и др. Развитые страны стоят на пороге к переходу к постиндустриальному обществу. Поэтому можно заметить, что наибольшие открытия, развития уже известных данных происходят в информационной сфере. Помимо данной сферы значительное развитие происходит в энергетике. Без этой сферы научно-технический прогресс невозможен. Люди придумывают новые источники, способы преобразования энергии, транспортировки и, конечно же, использования энергии в производстве и быту. Научно-технический прогресс упрощает нашу жизнь, добавляет в нее комфорт, простоту, повышает экологию и многое другое. В мире набирает популярность идея создания «Smart City», когда новые технологии и достижения науки внедряются в городскую инфраструктуру и быт людей. Но продвижение таких разработок просто невозможно без использования альтернативных источников энергии. В настоящее время одним из самых интересных и популярных источников энергии являются солнечные панели (рис. 1). С одной стороны, это позволяет снизить зависимость от традиционных источников энергии: нефть, газ, уголь, а также уменьшить выбросы

парниковых газов. С другой стороны, применение солнечной энергии позволяет обеспечить автономность и энергоэффективность. По статистике, предоставленной Российским энергетическим агентством, к 2040 г. солнечные панели и электростанции будут производить до 25% электроэнергии, которую мы потребляем [1].



Рис. 1. Солнечная панель

Зеленая энергетика – воспроизводство, как электроэнергии, так и других видов энергии из возобновляемых природных ресурсов, которые не наносят урон окружающей среде. Данный вид энергии был придуман с целью перехода от традиционных загрязняющих источников энергии, таких как нефть, газ, уголь и др. Две основные проблемы от этих источников является изменение климата, которое выражается в повреждении термостойкого уплотнения коры. В результате чего приводит к увеличению теплового потока к поверхности земли, и вследствие этого приводит к глобальному потеплению, и тот факт, что он имеет исчерпаемый характер. Тем самым выше представленные источники энергии несут определенный риск как для людей, так и для самой планеты. Получение зеленой энергии позволяет соблюдать отрицательные последствия для экологии, а также создают новые рабочие места, что является преимущественным фактором при безработице. На сегодняшний день возобновляемые источники энергии составляют около 30% от общего объема по всему миру. А в России доля такой энергии составляет всего менее 1%.

Преимуществами зеленой энергии являются такие факторы как: экологичность, которая в свою очередь не влияет на климат и окружающую среду; данные источники возобновляемые и не зависят от политических и экономических факторов, тем самым они являются экономически выгодны.

Недостатками можно назвать такие факторы, как высокие начальные затраты на установку необходимого оборудования, зависимость от погодных условий и времени суток. В облачные дни или темное время суток выработка электроэнергии снижается, что может привести к перебоям в электроснабжении, некоторые виды возобновляемой энергии могут негативно влиять на некоторые экосистемы.

Основными видами энергии

1. Ветровая энергия – это энергия, которую получают путем преобразования кинетической энергии воздушных масс в атмосфере.

2. Гидроэнергетика – это энергия, которая представляет собой преобразование падающей или быстро текущей воды в энергию за счет вращения лопастей турбин.

3. Солнечная энергия – это энергия, получаемая от солнечных лучей в виде радиации и света. Это наиболее интересный вид энергии, поэтому именно оно было проанализировано в работе.

Данное исследование направлено на определение объектов городской инфраструктуры, которые в самое ближайшее время способны перейти на питание от солнечных панелей. Основными преимуществами солнечных батарей можно считать их простоту конструкции, полное отсутствие подвижных деталей, простой монтаж, минимальные требования к обслуживанию во время эксплуатации, энергия вырабатывается сразу в виде электричества, безграничный ресурс, экологичность, полное отсутствие вредных выбросов, независимость от центральных электрических сетей. Фоточувствительные панели на крыше остановки (рис. 2) вырабатывают электричество для питания информационных экранов, обеспечивающих работу встроенных в остановку LED дисплеев, отображающих расписание движения и маршруты автобусов, для освещения остановки – светодиодные лампы. Также с введением в работу остановок, работающих от солнечных батарей, появится возможность подключение её к интернету, что позволит получить обновления о движении автобусов в режиме реального времени, а также увеличить зону покрытия беспроводным интернетом. В качестве иллюстрации, для этого хорошо подходят автобусные остановки,

расположенные на удалении от электрических сетей, а также неосвещённые пешеходные переходы. Внедрение солнечных панелей тем самым увеличит безопасность на дорогах общего пользования, так как водители транспортных средств, в тёмное время суток будут раньше видеть потенциальную опасность и смогут принять меры по их нейтрализации.

Панель установлена на крыше под углом 45° – это оптимальный угол для выработки достаточного количества электричества. Боковые стены выполнены из легкого прозрачного и непрозрачного пластика. Они крепятся на металлическую раму. Вся установка устанавливается на металлический каркас. Боковые стенки сделаны из сотового поликарбоната, который обладает повышенной прочностью, хорошими теплоизоляционными качествами. Каркас остановки выполнен из стали, а крыша утеплена ФПП теплоизоляционным материалом, обеспечивающим отсутствие значительных теплопотерь.

В нескольких центрах нашей страны такие проекты уже получают применение. Например, на данном фото показан уже функционирующий проект участка автомобильной дороги в Москве. В 2017 г. были поставлены и введены в эксплуатацию 9 фонарей для освещения остановок и рядом находящихся пешеходных переходов [3].

Для того чтобы узнать затраты на покупку и установку одного фонаря на солнечной панели были проведены математические вычисления.

На рисунке 2 представлены размеры автобусной остановки размером 3х2,5, 2х1,2 м.



Рис. 2. Автобусная остановка

Согласно п. 4.6.1.7 ГОСТ Р52766 2007 норма уровня освещённости для остановок общественного транспорта составляет не менее 10 Лк. Но при наличии рядом с остановкой пешеходного перехода норма освещенности в темное время суток увеличивается до 50 Лк [2].

Одним из самых выгодным и перспективным решением установки осветительного устройства будет крепление к крыше, так как в таком случае не будет расходов на монтаж фонарного столба. Площадь остановки составляет 4.7 м², с помощью математических вычислений было вычислено, что для достаточного освещения данной территории будет достаточно 1 лампы мощностью 12 Вт. Полный установочный комплект состоит из: светодиодная лампа мощностью 12 Вт, солнечная панель мощностью 20 Вт, фотореле 12 В, аккумулятор 12 В и 12 А/ч. Время зарядки аккумулятора до 100% составит примерно 10 часов. Конечная стоимость будет равна 15000 рублей.

Внедряя высокотехнологичные остановки, мы преследуем цели: обеспечить широкое покрытие для беспроводного интернета, снизить количество энергии, потребляемой информационными табло, повышения безопасности на дорогах общего пользования. Таким образом, данное исследование демонстрирует доступность и необходимость автобусных остановок, работающих от солнечных батарей, вдали от электрических сетей и непосредственно в самих городах, данная мера приведет к повышению освещённости территорий, безопасности пешеходов, а также увеличит зону покрытия беспроводного интернета.

Список используемых источников

1. Города запитают от солнца // RG.RU URL: <https://rg.ru/2020/06/30/goroda-zapitaiut-ot-solnca.html> (дата обращения: 25.11.2023).

2. ГОСТ Р 52766-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования: дата введения 2008-07-01. Москва: Стандартинформ, 2007. 48 с.

3. Освещение автобусных остановок: нормы, требования // КСО-1 URL: <https://ksosvet.ru/blog/osveshchenie-ostanovok-sposob-organizacii-v-udalenoj-mestnosti/> (дата обращения: 25.11.2023).

ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Таначев В.А. – студент 4 курса энергетического факультета кафедры электроснабжения промышленных предприятий, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова»

Аннотация

В статье рассматриваются идеи для повышения пропускной способности линии электропередач путем ввода устройств точной фиксации температуры проводников и проводов нового поколения

Температура провода является важным параметром, оказывающим влияние на эффективность и пропускную способность линий электропередачи (ЛЭП). В данной статье проведен анализ влияния температуры на физические и электрические свойства проводов ЛЭП, а также рассмотрены перспективы развития технологий для оптимизации работы ЛЭП в условиях различных температурных режимов. Эффективность передачи электроэнергии на ЛЭП тесно связана с температурой провода. Температурные изменения могут влиять на электрические параметры провода, такие как сопротивление и проводимость, что в свою очередь влияет на пропускную способность ЛЭП. При повышении температуры увеличивается сопротивление материала, что может привести к увеличению потерь энергии и снижению пропускной способности ЛЭП. Уменьшение проводимости при повышении температуры может привести к ухудшению передачи электроэнергии и снижению эффективности ЛЭП.

Влияние температуры провода на пропускную способность ЛЭП является сложным вопросом, требующим комплексного подхода. Исследования в этой области не только позволят более точно определить параметры работы ЛЭП, но и предложат пути оптимизации системы в условиях переменной температуры, что имеет критическое значение для устойчивости и эффективности электроэнергетических систем. Температурный мониторинг является неотъемлемой частью обеспечения безопасности энергосистемы. Регулярное отслеживание температурных показателей позволяет предотвращать перегревы и минимизировать риски аварийных ситуаций.

При определении расчетной активной нагрузки учитывается температура окружающей среды за счет термометров и этот метод не обеспечивает точности

определения температуры проводника из-за отсутствия учета влияния скорости ветра и прочих погодных факторов. При расчетах погрешность температуры может составлять от 5 до 15 °С, из-за чего также нагрузка будет рассчитана с большими погрешностями и следствием будет являться недозагруженность линии электропередач.

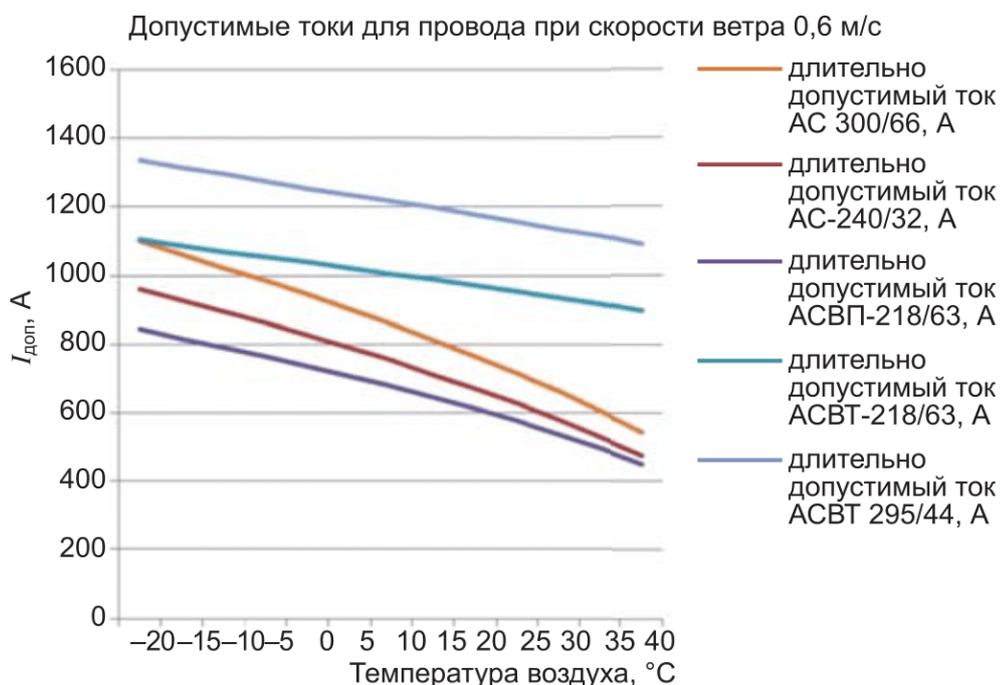


Рис. 1. График изменения допустимого тока от температуры окружающей среды

Из графика следует, что при погрешности в 10°С в среднем допустимый ток уменьшается на 50 А, из этого следует, что линия будет работать не на полную мощность

Идея для повышения пропускной способности заключается в установке датчиков температуры проводов на разных участках линии электропередач. Датчики будут передавать значение температуры провода, и программа будет считать среднее значение. Тем самым будет определяться точная температура провода на протяжении всей линии. Данная система позволит точнее регулировать напряжение и догружать ЛЭП в условиях низких температур с минимальной погрешностью по температуре, тем самым позволит передавать большую мощность потребителям, не изменяя конфигурацию системы.

Данная технология уже применяется в таких странах, как Ирландия, Великобритания, Германия. Американская компания «Line Vision» создала

устройство LineVision Lux. Line Vision Lux использует сенсоры и датчики для сбора данных, которые затем анализируются с использованием алгоритмов искусственного интеллекта для получения информации о состоянии линии электропередачи.



Рис. 2. Фотография устройства LineVision Lux

Функции LineVision Lux

1. Температурный мониторинг: Система может измерять температуру проводов линий передачи, что особенно важно для предотвращения перегрева и оптимизации эффективности передачи энергии.

2. Нагрузочный мониторинг: Сбор данных о нагрузке на линии электропередачи, что позволяет эффективно управлять энергетическими потоками и предотвращать возможные перегрузки.

3. Метеорологический мониторинг: Измерение погодных условий, таких как сила ветра, чтобы прогнозировать воздействие окружающей среды на линии электропередачи.

4. Удаленный мониторинг: Возможность получения данных и управления системой удаленно, что повышает гибкость в управлении энергосистемой.

Как заявляет производитель, данное устройство может повысить пропускную способность линии электропередач до 40%.

Следующим способом повышения пропускной способности линии электропередач является применение более технологичных проводов. Так как

технологии производства проводов постоянно развиваются. Были созданы высокотемпературные провода нового поколения (ПНП), которые превосходят классические по таким параметрам, как сопротивление и номинальный ток. Произведем сравнительный анализ конструкции и характеристик проводов нового поколения АААС – Z, АСТ и традиционно используемого провода марки АС. На надежность воздушных ЛЭП, а также и на их энергоэффективность влияют климатические условия. Гололедные явления на проводах воздушных ЛЭП приводят к многократному увеличению их веса на ширине пролета, что может привести к обрыву проводов. Затраты электроэнергии на плавку гололеда являются одной из составляющей климатических потерь, т. е. влияют на энергоэффективность сетей.

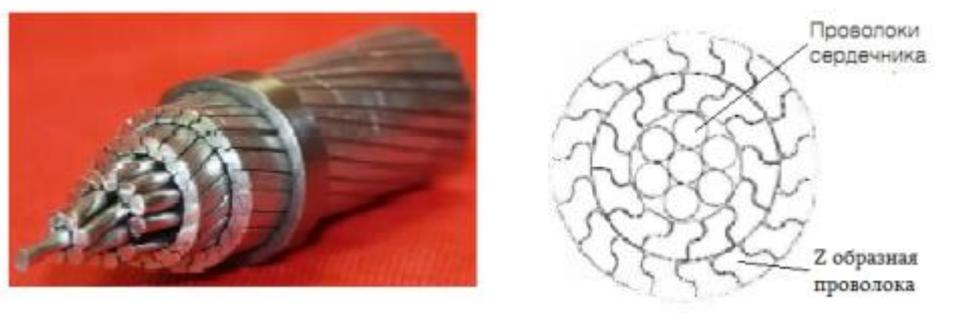


Рис. 3. Высокотемпературный провод с Z-образными жилами

Применение Z-образных проволочек в сечении неизолированных проводов обеспечивает практически идеально гладкую наружную поверхность провода и плотную компоновку сечения (имеет заполнение до 98,5%), что приводит к уменьшению коэффициента аэродинамического сопротивления. поэтому провода типа Z испытывают меньшие механические напряжения [1].

Сравнительный анализ характеристик проводов АС - 240/32 и АСТ 240/32

Параметры проводов	АС – 240/39	АСТ —240/32
Диаметр, мм	21,6	21,6
Сечение провода, мм ²	240	240
Номинальная прочность на разрыв, кН	80,895	80,068
Максимально токовая нагрузка, А	610	1030
Удельное сопротивление провода при 20 °С, Ом/км	0,1222	0,1217
Максимальная рабочая температура провода, °С	90	210
Удельная масса, кг/км	921	921

Из вышесказанного были выделены преимущества и недостатки проводов нового поколения:

- повышенная надежность в зонах снегопадов, гололедообразования и тяжёлых ветровых районах;
- мощная крепость жил и, соответственно, меньшая вероятность их обрыва;
- отсутствие разрушения (окисления, ржавления) жил;
- самодемпфирование;
- минимальные провисания (прогибы);
- незатруднительный процесс разрушения обледенения;
- двукратное повышение пропускной способности при тех же условиях.

Стоит отметить и недостатки:

- стоимость ВЛ в 1,5–2 раза выше по сравнению с обычным проводом;
- сложные требования к защитной аппаратуре;
- трудности при монтаже в условиях низких температур.

При анализе преимуществ и недостатков ПНП были сделаны следующие выводы: провода нового поколения требуют больших капитальных вложений, но не смотря на данный аспект за счет них увеличится передача мощностей, за счет которой окупаемость проводов нового поколения будет равна классическим

За счет применения умных датчиков температуры LineVision Lux и проводов нового поколения, появляется возможность повысить пропускную способность линий до 250%.

Список используемых источников

1. Бубенчиков А.А., Данилов Д.И., Шевченко Д.Ю., Вирайло А.О., Шепелев А.О. Обзор методов повышения пропускной способности линий электроэнергетических систем // Молодой учёный. 2016. №28 (132). С. 18-23. URL: <https://moluch.ru/archive/132/36973/> (дата обращения: 20.12.2023).
2. Общество с ограниченной ответственностью «ЭнергоКомплект». [Электронный ресурс]: URL: <https://avatok.ru/download/AAAC-Z.pdf> (дата обращения 20.12.2023).
3. Официальный сайт компании LineVision [Электронный ресурс]: URL: <https://www.linevisioninc.com> (дата обращения 20.12.2023).
4. Рабочая группа В2.26 SIGRE. Руководство по выбору высокотемпературных проводов для использования на воздушных линиях. Техническая брошюра № 426, август 2010 г.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Татаринцев В.А. – к.т.н., доцент, Брянский государственный технический университета

Аннотация

Целью данной статьи является выявление изменения эффективности конденсаторов паротурбинных установок (ПТУ) при эксплуатации и разработка рекомендаций по определению целесообразной периодичности чисток трубчатых теплообменных аппаратов ПТУ. Предложена методика оптимизации и выполнено технико-экономическое обоснование периодичности чисток теплообменных аппаратов.

На технико-экономические показатели теплоэнергетических установок оказывает влияние вспомогательное оборудование, эффективность которого в значительной степени зависит от совершенства теплообменных аппаратов [1]. Проектирование конденсаторов осуществляется при постоянном коэффициенте запаса поверхности, учитывающем отложения солей. Это обстоятельство приводит к необоснованному увеличению расхода цветного металла. В связи с этим целесообразно выявление влияния на теплопередачу возрастающего во времени термического сопротивления слоя накипи. Получение расчетных рекомендаций и проведение на их основе оптимизации сроков чистки

конденсаторов даст возможность снизить пережог топлива и повысить эффективность работы турбоагрегатов [4].

Нами проанализированы данные технической службы южной тепловой электрической станции (ТЭС) за годичный период (изменение вакуума, мощности, недогрева воды) между чистками труб. Показаны зависимости содержания кислорода в воде, общего солесодержания и жесткости воды от ее температуры. На основе этих данных можно заметить, что общее солесодержание снижается с возрастанием температуры, т. е. летом в воде солей меньше, чем зимой. Однако, хотя жесткость воды, определяемая содержанием солей кальция и магния летом несколько меньше, процесс накипеобразования весной и летом вследствие повышенной температуры идет интенсивнее, чем зимой. Так, если зимой при $t = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ общее солесодержание составляет 2450 мг/л, то летом при $t = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ солесодержание равно 2300 мг/л.

На основе экспериментальных данных, полученных на конденсаторах блоков южной ГРЭС, по зависимости [2]

$$J = 0,6(l/d)^{0,25} \cdot W^{-n} \cdot Ж^k \cdot t^q \cdot \tau^{0,5},$$

где J – интенсивность накипеобразования, г/м², t – температура, °С, рассчитана интенсивность накипеобразования в зависимости от времени работы τ , выраженной в часах, теплообменного аппарата для одинаковых параметров – скорости потока $W = 1,8$ м/с, жесткости воды $Ж = 18$ мг-экв/л, относительной длины труб $l/d = 8/0,028$, удельной тепловой нагрузки $q \approx 40$ Вт/м² [2, 3]. Кривые, представленные на рис. 1, показывают изменение коэффициента теплопередачи и толщины слоя накипи в эксплуатации в зависимости от времени.

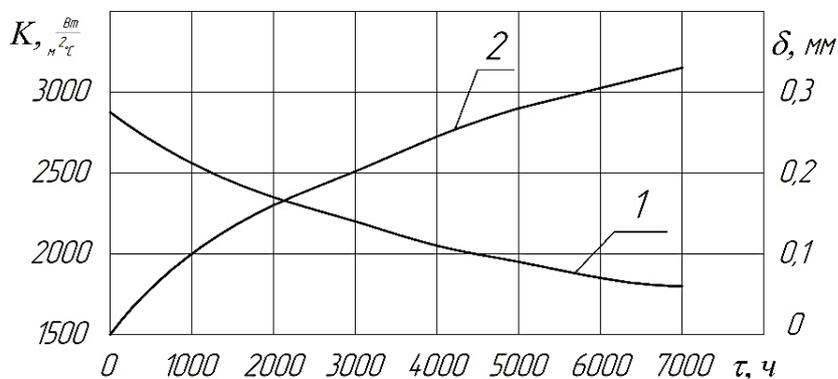


Рис. 1. Изменение коэффициента теплопередачи и толщины слоя накипи в эксплуатации: 1 – коэффициент теплопередачи; 2 – толщина накипи

При этом определенное влияние оказывает увеличение температуры воды, что правильно отражает физический смысл процесса. С целью попытки выявления закономерностей в решениях службы технической эксплуатации по определению периодичности чистки конденсатора нами были обработаны экспериментальные данные работы промышленного конденсатора. Так как период между очисткой труб от внутри трубных отложений выбирался технической службой ТЭС произвольно, то установлено, что чем больше работает конденсатор без чистки, тем выше рост вакуума в нем. Однако это не совсем так, ведь давление в конденсаторе является функцией температуры воды и барометрического давления, которые в свою очередь, сильно зависят от времени года. Вакуум увеличивается в течение цикла работы только в том случае, когда снижается температура охлаждающей воды. По имеющимся эксплуатационным данным проанализировано изменение средней температуры воды за период работы в зависимости от его производительности. Установлено отсутствие закономерности. Таким образом, из вышеизложенного следует, что необходима своевременность профилактического обслуживания энергетического оборудования, что позволит сократить эксплуатационные расходы, повысить надежность и эффективность его работы.

Загрязнение внутренних поверхностей труб конденсатора вызывает потери при пуске и остановке блока, от невыработки электроэнергии, стоимости энергоресурсов и материалов, трудозатрат, топлива на электростанции при остановке блока для чистки теплопередающих поверхностей. Один из существующих способов оценки степени чистоты охлаждающей поверхности конденсатора заключается в сравнении фактического температурного напора с расчетным при номинальном расходе охлаждающей воды. Сравнение температурных напоров является лишь косвенным способом определения степени загрязнения поверхности охлаждения.

Вместе с тем, коэффициент загрязнения объективно характеризует состояние поверхности охлаждения конденсатора [3], поэтому он может служить надежным показателем эффективности работы конденсационной установки. При этом важным является наличие его предельного значения. Отсюда следует, что прогнозирование периодичности чисток теплообменного оборудования конденсационной установки возможно при наличии зависимости интенсивности накипеобразования от определяющих процесс факторов, в том числе и от времени. Проанализируем изменение значений коэффициентов теплопередачи в

зависимости от времени работы аппарата и температуры охлаждающей воды. По полученной при обобщении данных приведенной параметрической зависимости определим толщину, а соответственно, и термическое сопротивление отложений в трубах с $d = 28 \times 1$ мм, при условиях, указанных ранее; все параметры характерны для самых тяжелых по свойствам охлаждающей воды условий работы конденсаторов юга страны.

Результаты расчетов графически представлены на рис. 2.

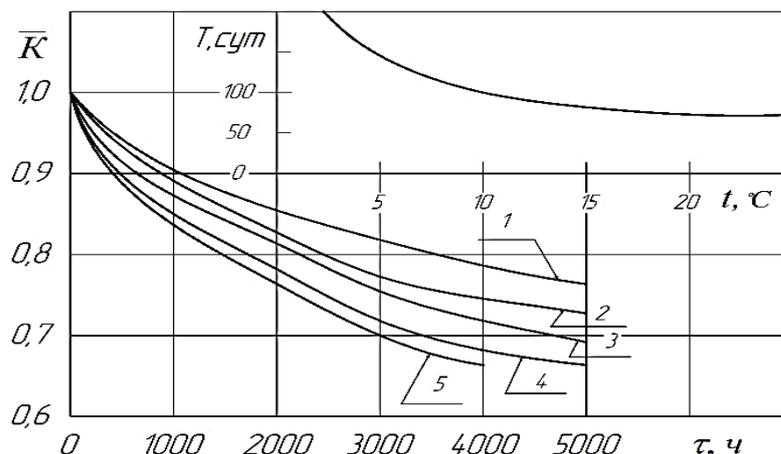


Рис. 2. Зависимость относительного коэффициента теплопередачи от времени работы и температуры охлаждающей воды: 1 – $t = 5$ °С; 2 – $t = 10$ °С; 3 – $t = 15$ °С; 4 – $t = 20$ °С; 5 – $t = 25$ °С

Здесь показано изменение относительного коэффициента теплопередачи во времени, определенного как отношение текущего значения к исходному, т. е. свойственному чистому аппарату. Как видно из этих данных, с увеличением времени работы аппарата коэффициенты теплопередачи значительно снижаются, причем наиболее резко это происходит в начальный период, несколько замедляясь, начиная с $\tau = 1000$ часов. Значительное снижение интенсивности передачи тепла наблюдается при увеличении температуры охлаждающего теплоносителя. Так, например, при изменении температуры с 5 °С до 25 °С относительный коэффициент теплопередачи уменьшается за время $\tau = 2000$ ч на 10%.

Учитывая рекомендации по расчету конденсаторов, в которых в качестве коэффициента запаса по поверхности теплообмена закладывается значение в 20 %, попытаемся, исходя из этого факта, оценить время непрерывной работы

трубчатого аппарата и сравнить полученный результат с другими рекомендациями, а также с реальным опытом эксплуатации.

Оценим изменение периодичности чистки конденсаторов в зависимости от температуры охлаждающей воды (см. кривую в верхнем правом углу графика). Изучая ее характер, можно заметить, что скорость изменения времени чистки в процессе длительной эксплуатации теплообменного оборудования различна. Например, при изменении температуры охлаждающей воды с 5 °С до 10 °С разница в длительности работы с чистыми трубами составляет 46 суток, при изменении же температуры с 20 °С до 25 °С эта разница менее значительна и составляет всего 8 суток. Таким образом, в летнее время температура охлаждающей воды в меньшей степени влияет на экономичность работы конденсатора, чем зимой. Если же рассмотреть изменение периодичности межремонтного срока конденсатора турбины К-200-130, работающей в средней полосе страны (т.е. $\bar{t} \approx 15$ °С) в зависимости от диаметра труб, то можно заметить, что с его увеличением период работы T растет, т.е. при идентичных условиях аппарат с трубами диаметром $d = 28$ мм надо чистить почти в 2 раза реже, чем с трубами $d = 10$ мм. С увеличением жесткости воды период работы аппаратов снижается, причем особенно резко при увеличении жесткости до 5 мг-экв/л. Далее период работы приближается при $J = 18$ мг-экв/л к величине межремонтного цикла, равного трем месяцам.

Нами установлено, что при скорости холодного теплоносителя $W \geq 2$ м/с межремонтный период превышает полгода, а при $W = 1$ м/с он равен всего лишь одному месяцу.

Представляется целесообразным проанализировать падение коэффициента теплопередачи в эксплуатации в зависимости от температуры охлаждающей воды для профилированных труб, работающих в условиях, аналогичных гладким, например, с геометрией $S = 28$ мм, $h = 0,7$ мм, где S – шаг накатки, м, h – глубина накатки канавки, м. Из наших наблюдений видно, что если чистку конденсатора, оснащенного гладкими трубами, при $t = 5$ °С необходимо проводить спустя 146 суток работы, то для конденсатора с витыми трубами этот период становится более длинным, равным 220 суткам. Если в начальный момент времени соотношение коэффициентов теплопередачи составляет $K_{\text{в}}/K_{\text{гл}} = 1,23$, то спустя 3000 часа при $t = 5$ °С $K_{\text{в}}/K_{\text{гл}} = 1,283$, а для $t = 25$ °С – $K_{\text{в}}/K_{\text{гл}} = 1.33$, т. е. возрастает по сравнению с первоначальным значением. Это

говорит о том, что эффект интенсификации сохраняется и при наличии отложений в таких трубах.

Осуществление оптимизации промышленных аппаратов без учета динамики отложений приводит к выбору аппаратов далеко не оптимальных вследствие резкого различия расчетных и реальных параметров работы. До настоящего времени учет термического сопротивления R_n в проектировочных расчетах производится по рекомендациям стандарта теплообменного оборудования ассоциации производителей трубчатых теплообменников *ТЕМА* (*Tubular Exchanger Manufacturers Association*), и влиянием отложений на коэффициент теплопередачи пренебрегают. По стандартам *ТЕМА* рекомендуется применение постоянных термических сопротивлений отложений независимо от времени эксплуатации аппаратов. Однако в работах показано, что в теплообменных аппаратах слой накипи образуется не мгновенно, а достигает величины δ_n^* за некоторый период τ в зависимости от скорости и температуры теплоносителя W в связи с этим возникает вопрос о влиянии накипи на динамические характеристики теплообменных аппаратов.

Необходимо заметить, что сопоставление аналитических и опытных данных дает возможность убедиться в правильности теоретических выводов и постичь физику процесса. Имея статистические характеристики, полученные экспериментально, можно построить адекватную динамическую модель процесса. В свою очередь, наличие уравнений динамики позволит распространить полученные результаты на аппараты других типов, а также внести изменения в конструкцию теплообменников.

Проведено определение динамических характеристик теплообмена в приложении к конденсатору ПТУ. Для анализа принимались: длина латунных труб $l = 8$ м, диаметры труб 30/28 мм, скорость воды $W_2 = 1,8$ м/с, т. к. реально закладываемая в расчет скорость составляет 1,7...1,9 м/с. Этот конденсатор выбран, исходя из наихудших условий его работы по воде, жесткость которой достигает 20 мг-экв/л. Установлено, что с увеличением отработанного времени температуры жидкости по длине снижаются, что можно объяснить нарастанием слоя накипи. Необходимо отметить, что на выходе из трубы этот процесс идет интенсивнее. Например, если рассмотреть данные для установившегося режима, т.е. полученные в том случае, когда тепловая волна прошла весь участок ($\tau = 4,4$ с; $x = 8$ м), то для $T = 6000$ час. снижение температуры жидкости окажется

равным $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для того же времени $\tau = 4,4\text{ с}$, но $x = 2\text{ м}$ этот параметр составит лишь $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Были обработаны полученные результаты для установления зависимости температуры нагреваемой жидкости по длине трубы при фиксированном моменте времени в различных временных слоях. Температура растет по ходу потока, т. к. жидкость нагревается. Если же сравнить два временных слоя, например, $T = 0\text{ ч}$ и $T = 6000\text{ ч}$, то замечено, что в первом случае, пройдя всю трубу, жидкость нагреется на $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а во втором случае – лишь на $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это также свидетельствует о том, что при резком изменении температуры воды на входе в конденсатор с внутритрубными отложениями в тяжелых условиях эксплуатации недогрев воды достигает 30% , а падение вакуума, в среднем, $0,3\dots 0,6\%$ по сравнению с чистым конденсатором.

Аналогичная картина установлена и по снижению температуры нагреваемой жидкости для различного времени работы теплообменника. Это подтверждает высказанное ранее положение о том, что количество накипи по длине трубы увеличивается к ее выходу.

Таким образом, зная динамические характеристики аппарата, можно оценить влияние загрязнения поверхности теплообмена на снижение расхода пара или вакуума в конденсаторе, а, следовательно, недовыработку электрической энергии и ухудшение эффективности работы теплообменника. Определение рациональной периодичности безостановочной работы конденсатора рассматривается как задача оптимизации. В ее рамках требовалось найти для данного конденсатора и условий его эксплуатации такое сочетание количества чисток в год и их периодичности для заданного срока пуска конденсатора, чтобы выполнялось условие минимизации суммарных затрат. Решение поставленной задачи проводилось методом сканирования.

Анализом экспериментальных данных, полученных в промышленных условиях, установлено, что за счет повышения обслуживающим персоналом станции сроков межремонтных периодов потери превышают рассчитанные по предлагаемой методике на $15\dots 30\%$ для турбоустановок южных районов страны и на $5\dots 10\%$ для северных районов. В настоящее время при проектировании теплообменных аппаратов значение коэффициентов чистоты принимается в зависимости от предполагаемых условий работы конденсатора, в основном, от качества охлаждающей воды. При прямоточном водоснабжении и воде малой

минерализации принимают коэффициент чистоты $\beta = 0,85 \dots 0,90$ и ($\bar{\beta} = 0,875$). Нами установлено осредненное значение $\beta = 0,93$. При обратном водоснабжении с повышенной карбонатной жесткостью охлаждающей воды принимается $\beta = 0,75 \dots 0,80$ ($\bar{\beta} = 0,775$). Нами предлагается среднее значение $\beta = 0,84$. Уточнение значений коэффициентов чистоты позволяет уменьшить коэффициент запаса по поверхности в среднем на 5...6 %, что ведет к значительному снижению стоимости труб конденсатора.

Следовательно, предложенные на основе методики оптимизации периодичности работы рекомендации позволяют повысить эффективность энергетического оборудования. Для различного календарного времени начала эксплуатации теплообменника получены рациональные сроки проведения чисток. Оптимизация режимов при проектировании позволяет снизить металлоемкость в пределах 5...6 %.

Список используемых источников

1. Лаптев А.Г., Николаев Н.А., Башаров М.М. Методы интенсификации и моделирования тепломассообменных процессов: учебно-справочное пособие. М.: Теплотехник, 2011. 335 с.
2. Татаринцев В.А. Особенности накипеобразования в трубах теплообменных аппаратов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2022. Т. 22. № 1. С. 97–105.
3. Татаринцев В.А. Пути повышения эффективности конденсаторов паротурбинных установок // Промышленная энергетика. 2023. № 1. С. 40–44.
4. Шелепов И.Г., Сафронюк М.А. Оптимизация режимов эксплуатации конденсаторов паровых турбин с учетом характеристик отложений в трубных пучках // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. 2009. № 3. С. 88–95.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Фаттахов Р.Р. – студент кафедры «Электроэнергетические системы и сети», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Валиуллина Д.М. – к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетические системы и сети», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Хакимзянов Э.Ф. – начальник службы инновационных технологий ООО ИЦ «ЭнергоРазвитие»

Аннотация

В статье рассматриваются ключевые задачи математического моделирования в распределительных электрических сетях. Внедрение разработанных технических решений при планировании модернизации и реконструкции объектов электросетевого хозяйства требуют предварительного анализа. Это позволит помочь оценить режимы работы сети до и после проведения планируемых мероприятий и выработать приемлемую стратегию по эффективному вложению инвестиций.

Развитие автоматизации распределительных электрических сетей предусматривает большое количество технических решений. При планировании перспективного развития сетей возникает необходимость обоснования и согласования предлагаемых решений с уже существующим и функционирующим оборудованием, а также разработки такого количества сценариев развития, которые могут помочь оценить режимы работы сети до и после проведения планируемых мероприятий и выработать приемлемую стратегию по эффективному вложению инвестиций.

Основной концепцией модернизации электрической сети 6–10 кВ является разработка мероприятий по повышению наблюдаемости и управляемости сетей, что в свою очередь приводит к повышению надежности электроснабжения потребителей и позволит сформировать:

- экономически обоснованные технические решения по развитию электрических сетей;
- возможность автоматизированного восстановления электроснабжения потребителей;
- увеличение показателей надежности электрической сети.

Помимо указанного, внедрение системы автоматизации и принципов секционирования электрической сети 6-10 кВ позволит осуществить поступательное внедрение энергоэффективных технологий, применение современного электротехнического оборудования, систем и устройств в распределительном электросетевом комплексе, а также позволит сформировать технически и экономически обоснованные в рассматриваемом периоде времени объемы внедрения цифровых технологий, обеспечивающих постепенный переход к формату цифрового района электрической сети.

Проведение расчетов и определение мероприятий по повышению наблюдаемости и управляемости сетей, а также повышения надежности электроснабжения используется программный комплекс PSS®SINCAL (ПК). ПК является зарубежным программным продуктом и не поддерживается в России, поэтому разработка подобного отечественного программного обеспечения как никогда актуальна. Существуют похожие отечественные разработки, но пока они не содержат необходимый функционал для решения подобных задач или реализованы на базе современных SCADA-систем, которые ориентированы в большей степени на диспетчеризацию.

Расчет электрической сети в ПК состоит из нескольких этапов.

1. Расчет установившегося режима. По методу Ньютона-Рафсона рассчитываются сетевые напряжения и токи, возникающие в результате потребления мощности в узлах. С помощью расчетов потока нагрузки создаются варианты сети для обеспечения надлежащего и оптимального планирования сети электроснабжения. При расчетах оптимизации построения сети используются три метода: вращающийся луч, максимальная экономия и лучший сосед.

2. Расчет технологических потерь. Производится расчет уровня технологических потерь для определения необходимости проведения мероприятий по их снижению и сравнению с нормативными величинами [1].

3. Расчет аварийных режимов электрической сети. Согласно [2] производится расчет симметричных и несимметричных токов короткого замыкания.

4. Расчет показателей надежности. Производится расчет показателей надежности SAIDI (индекс средней продолжительности отключений по энергосистеме) и SAIFI (индекс средней частоты отключений по энергосистеме) для определения мероприятий по повышению наблюдаемости и управляемости электрических сетей. При расчете показателей надежности в ПК PSS®SINCAL

используется несколько различных критериев. Критерий надежности, связанный с отказом элемента сети, например, критерий $(n-1)$, определяет повреждения, последствия которых недопустимы. За один раз проводят расчет для повреждения одного или двух $(n-2)$ элементов. ПК позволяет провести эту работу в автоматическом режиме и использованием специальных функций. Критерии, относящиеся к потребителю, показывают оценку всех прекращений энергоснабжения потребителя, которые связаны с повреждениями в электрической сети. Также применяются расчеты надежности с применением вероятностных величин, позволяющих определить ожидаемые значения для некоторых потребителей, которые в дальнейшем будут сравниваться с предельными величинами для конкретных потребителей.

5. Расчет координации защит. Использование встроенных модулей по проверке действия устройств релейной защиты позволяет производить проверку селективности защит при изменениях уставок.

Выбор коммутационного оборудования, точек оптимального расположения интеллектуального оборудования и изменение топологии распределительной электрической сети производится путем сравнения эффективности от внедрения элементов автоматики на показатели качества электрической энергии и надежности электроснабжения потребителей. Выбор наиболее оптимального варианта модернизации электрической сети, включает в себя следующие основные параметры:

- количество аварийных отключений;
- показатели надежности индекс средней частоты отключений и индекс средней продолжительности отключений;
- количество социально-значимых объектов;
- количество и протяженность сложнопроходимых участков;
- количество точек поставок;
- полезный отпуск по фидеру;
- недоотпуск электроэнергии по фидеру;
- количество потребителей I и II категории.

С 2016 г. на объектах пилотных участков электрической сети внедряется система автоматического восстановления сети (САВС). САВС – высокоэффективный программно-аппаратный комплекс для определения и автоматического восстановления питания потребителей аварийных участков в

сетях 6–20 кВ. САВС входит в состав комплексной системы Smart Grid («Умные сети») и предназначен для автоматизации и диспетчерского управления распределительными сетями в нормальных и аварийных режимах. Система в автоматическом режиме определяет пораженный участок схемы, изолирует его и предпринимает попытки по восстановлению электроснабжения потребителей в минимальный промежуток времени. В состав системы входят программируемые контроллеры сбора, обработки, передачи и управления информацией.

На рис. 1 представлен пример реализации программы комплексной автоматизации электрической сети 10 кВ.

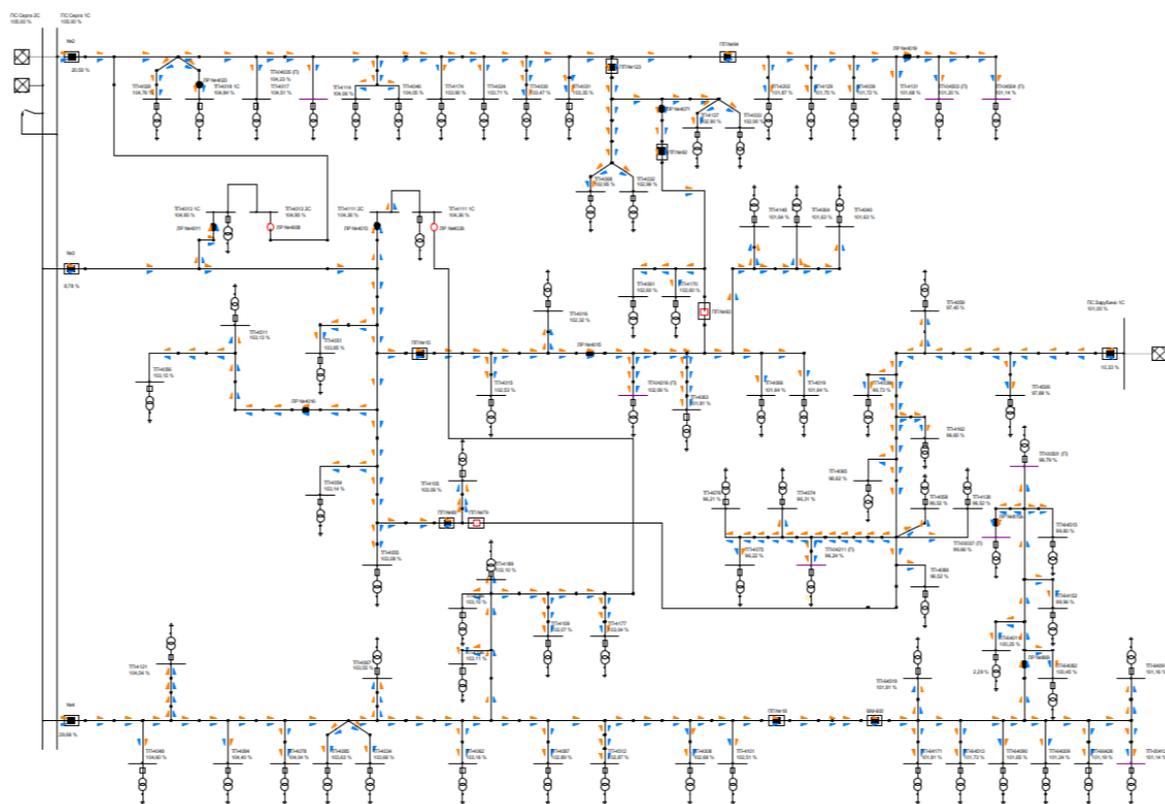


Рис. 1. Пример математической модели электрической сети 10 кВ

Созданная математическая модель позволяет определять потенциально «узкие» места и режимы работы электрической сети для дальнейшего формирования перечня технических мероприятий по её оптимизации.

Однолинейная схема накладывается и на географическую подложку, позволяя при этом определять изменения топологии сети. На рис. 2 представлен пример реализации программы комплексной автоматизации городской электрической сети 6 кВ.

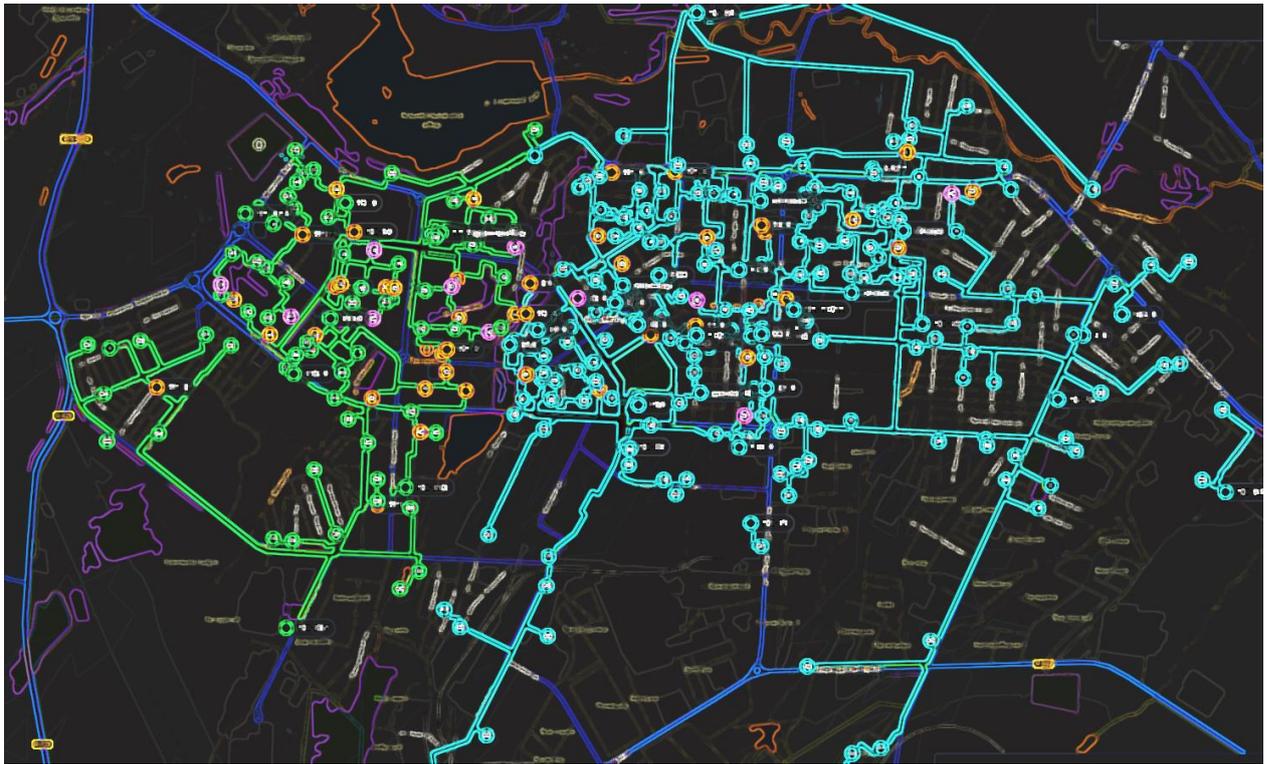
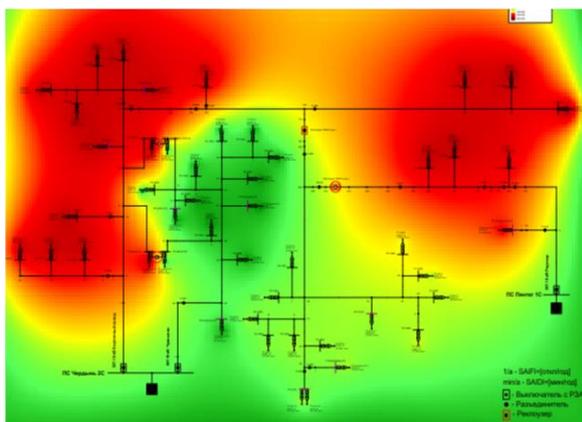
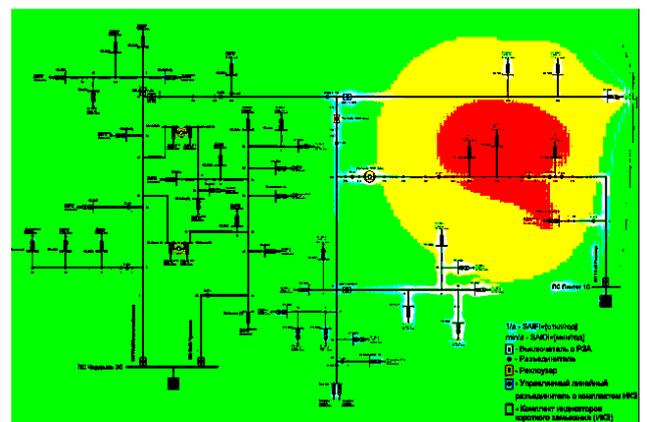


Рис. 2. Пример реализации программы комплексной автоматизации городской электрической сети 6 кВ

Результаты расчетов отображаются в виде цветowych карт, табличных форм, по которым проводится оценка внедряемых технических решений. На рис. 3 показано состояние электрической сети до и после модернизации.



а



б

Рис. 3. Состояние сети до модернизации (а) и после модернизации (б)

Автоматизация объектов электросетевого хозяйства распределительных электрических сетей в Республике Татарстан показывает значительно улучшение показателей надежности SAIFI и SAIDI. В табл. 1 представлены

результаты расчета индекса средней продолжительности отключений и индекса средней частоты отключений.

Табл. 1

Пример расчетов показателей надежности

Наименование РЭС	SAIFI, откл/год	SAIDI, мин/год
Район-1	3,00	429,80
Район-2	2,10	297,60
Район-3	1,30	353,10
Район-4	1,20	125,70
Район-5	2,10	374,90
Среднее значение	1,94	316,22

Исходя из полученных результатов показателей надежности наибольший индекс средней продолжительности отключений выявлен в Район-1 и составляет 429,80 мин/год. Минимальное значение индекса средней продолжительности отключений по электрической сети составляет 125,70 мин/год и приходится на Район-4.

Наибольшее значение индекса SAIFI, равное 3,00 откл/год, наблюдается в Район-1. Индекс средней частоты отключений по анализируемой электрической сети составляет 1,94 откл/год, индекс средней продолжительности отключений – 316,22 мин/год.

По расчетным данным, в результате внедрения системы автоматического восстановления сети на анализируемых участках индекс средней продолжительности отключений улучшился на 40% и индекс средней частоты отключений улучшился на 20%, что соответствует проделанным работам почти на 150 объектах электросетевого хозяйства, где значительное большинство соответствует реконструкции трансформаторных подстанций. Также проводились работы по реконструкции распределительных пунктов и строительству кабельных линий.

Применение модернизированных сетей электроснабжения подтвердила актуальность и необходимость применения технологий Умных сетей, где разработка цифрового двойника электрической сети играет основную. Развитие распределительных сетей соответствует требованиям национальной политики Минэнерго России [3] и обеспечивает постепенный переход к формату цифрового района электрической сети.

Список используемых источников

1. ГОСТ Р 52735-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. Введ. 2007-07-12. Москва: Стандартинформ, 2007. 17 с.

2. Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям (вместе с «Инструкцией по организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям»): приказ М-ва Рос. Федерации от 30 дек. 2008 г. № 326 (ред. от 01 фев. 2010 г.). Зарегистрировано в Минюсте РФ 12.02.2009 № 13314. Доступ из справ. правовой системы «КонсультантПлюс». 2010. 74 с.

3. Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии: приказ М-ва Рос. Федерации от 12 авг. 2022 г. № 811. Зарегистрировано в Минюсте РФ 12.02.2009 № 13314. Доступ из справ. правовой системы «КонсультантПлюс». 2022. 45 с.

МЕСТО ОПТИМИЗАЦИИ АВАРИЙНОГО РЕЗЕРВА РАЙОНОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В ОБОБЩЕННОМ ПРЕДМЕТЕ ТЕОРИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Царев И.Б. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Гусейнов Р.Т. – к.т.н., ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Новик И.В. – старший преподаватель ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

Рассмотрено развитие методов системного подхода обобщенного предмета теории эксплуатации электрооборудования в части оптимизации аварийного резерва районов электрических сетей. Предложено дополнить традиционные структурные схемы «Труд – материалы – энергия – продукция» и «Источник электроснабжения – электроприемник – технологический объект – служба эксплуатации» новой схемой «Источник – электроприемник – служба эксплуатации». Описано влияние подсистемы «Служба эксплуатации» на работоспособность энергооборудования сетевых районов.

Впервые системный подход к эксплуатации электрооборудования был описан в работах Ерошенко Г.П. [9]. В рамках обобщенного предмета эксплуатации Ерошенко Г.П. была предложена структурная схема производственной системы (ПС), включающая в себя Тр – трудовые, Мр – материальные и Э – энергетические ресурсы, которые воздействуя на Т – технологический объект, приводят к выпуску продукции (рис. 1).

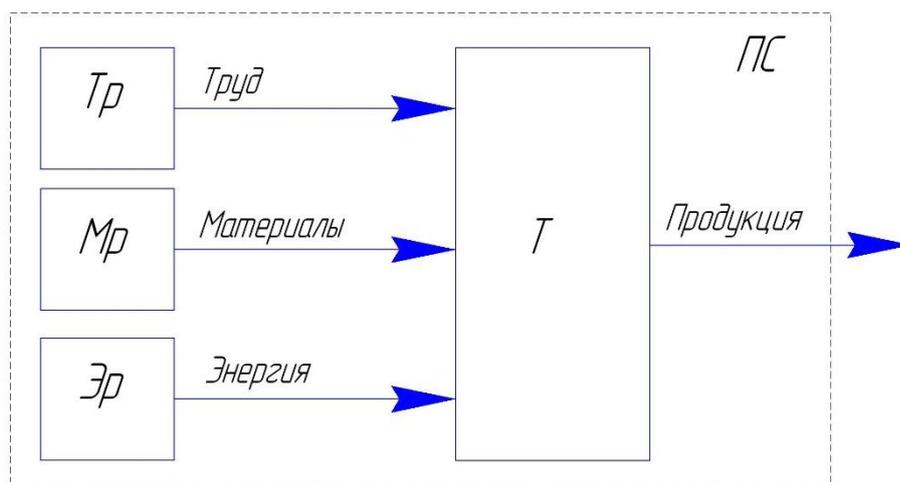


Рис. 1. Структура производственной системы

Главным звеном в подсистеме энергетических ресурсов является электрооборудование. На показатели надежности электрооборудования основное воздействие оказывают: И – источник электроэнергии, от которого зависит объем и качество электроснабжения; Э – электроприемник, характеризующийся эксплуатационными свойствами электрооборудования; Т – технологический объект, влияющий на режимы работы электрооборудования и факторы окружающей среды; С – службу эксплуатации, обеспечивающую надзор над эксплуатируемым электрооборудованием, его техническое обслуживание, а также текущий и средний ремонт.

Взаимодействие перечисленных элементов можно представить в виде структурной схемы «Источник – электроснабжения – электроприемник технологический объект – служба эксплуатации», приведенной на рис. 2.

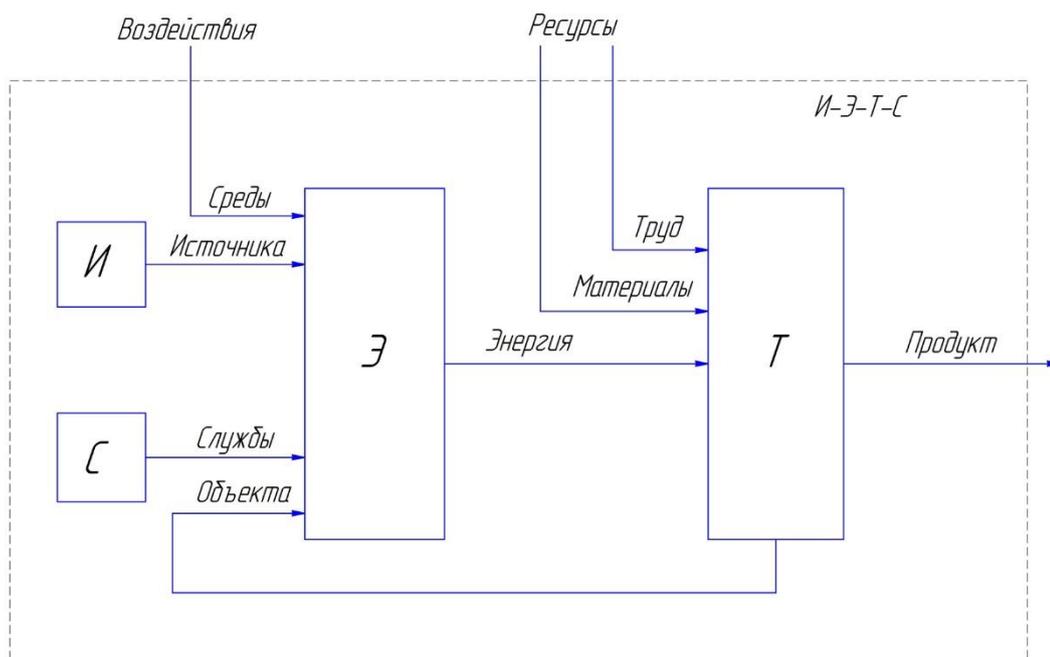


Рис. 2. Структурная схема И–Э–Т–С

Системный подход к эксплуатации электрооборудования, предложенный Ерошенко Г.П., в дальнейшем развивался на кафедре «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов» Южно-Уральского государственного аграрного университета [11, 12, 13]. Направление развития определяется детальным анализом элемента (И) – источника электроэнергии (рис. 2) и исследованиями по повышению показателей надежности электрооборудования [5, 14, 2] и, в частности, энергооборудования районов электрических сетей (РЭС) [1, 3].

Источник (И) структурной схемы «Источник электроснабжения – электроприемник – технологический объект – служба эксплуатации» (рис. 2) включает в себя энергооборудование РЭС: трансформаторные подстанции, ЛЭП, резервные источники питания и т. д.

Схема «Источник электроснабжения – электроприемник – технологический объект – служба эксплуатации» не раскрывает в полной мере комплекс мероприятий, по поддержанию работоспособности энергооборудования РЭС.

Бесперебойное электроснабжение РЭС обеспечивают:

1. И – источник электроэнергии, включающий в себя трансформаторные подстанции (ТП) и линии электропередач (ЛЭП).
2. С – служба эксплуатации, в которую входят:

- исполнители (И): электромонтеры (ЭМ) и инженерно-технические работники (ЭР);
- средства технического обслуживания и ремонта (Ср): основные (ОС) и оборотные (ОБ);
- документация (Д): методика определения трудозатрат (МТ), методика расчета периодичности технического обслуживания и ремонта (МП), методика расчета резерва запчастей (МЗ).

3. Э – электроприемники, под которыми понимают совокупность потребителей электроэнергии с имеющимся у них электрооборудованием.

Перечисленные элементы, вместе с информационным, управляющим и энергетическим воздействием друг на друга можно представить в виде структурной схемы, приведенной на рис. 3.

В документацию службы эксплуатации входит методика расчета аварийного резерва запчастей. С одной стороны, чем больше этот резерв, тем выше вероятность, что он не будет исчерпан в течение периода поставок, с другой стороны чрезмерный резерв запасных частей может привести к неоправданно большим затратам на их закупку, транспортировку и хранение [6, 10, 4]. Поэтому необходима методика по оптимизации резерва, предложенная в работах [8, 7, 15].

Методика по оптимизации аварийного резерва запчастей опосредованно воздействует на работоспособность энергооборудования РЭС. Она оказывает управляющее воздействие на формирование запасов, входящих в средства технического обслуживания и ремонта (Ср) (рис.3). В свою очередь исполнители (Ис) через использование оптимизированного аварийного запаса оказывают энергетическое воздействие на работоспособность источника (И) системы электроснабжения (рис. 2).

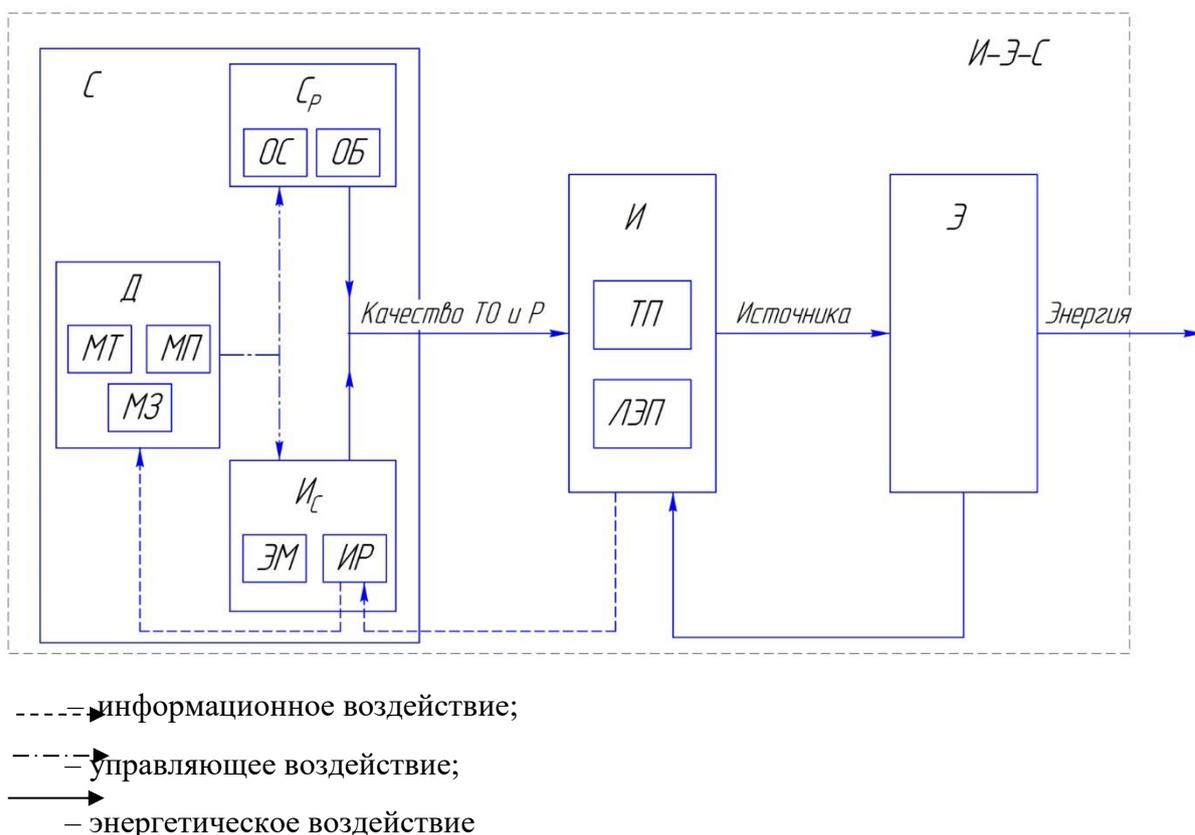


Рис. 3. Обобщенная схема системы И-Э-С

Оптимизация аварийного резерва районов электрических сетей является перспективным направлением повышения работоспособности трансформаторных подстанций, ЛЭП и резервных источников питания. Методика оптимизации аварийного резерва должна быть отражена в документации подсистемы «Служба эксплуатации» обобщенного предмета теории эксплуатации энергооборудования, представленного новой схемой «Источник – электроприемник – служба эксплуатации».

Список используемых источников

1. Буторин В.А., Банин Р.В., Царев И.Б. Методика оптимизации аварийного резерва запасных элементов РЭС по обслуживанию сельских распределительных сетей // Сборник: Научные проекты Южно-Уральского государственного аграрного университета / под ред. М.Ф. Юдина. Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2016. С. 71-72.
2. Буторин В.А., Саплин Л.А., Царев И.Б., Гусейнов Р.Т. Оценка параметра начальной скорости изнашивания модели долговечности упорного

подшипникового узла погружных электродвигателей // АПК России. 2019. Т. 26. № 5. С. 801-805.

3. Буторин В.А., Царев И.Б., Банин Р.В., Шарпилов А.Ю. Время первой проверки состояния контактов магнитного пускателя // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 2(30). С. 58-60.

4. Буторин В.А., Царев И.Б., Буторин Д.В. Затраты, связанные с омертвлением денежных средств при создании ремонтными предприятиями резерва запасных частей // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 67. №1. С. 14-17.

5. Буторин В.А., Царев И.Б., Ткачев А.Н. Теоретическая оценка плотности распределения ресурса пленочных электронагревателей // Достижения науки и техники АПК. 2011. №1. С. 79-80.

6. Буторин В.А., Царев И.Б. Оценка отдельных составляющих затрат, связанных с аварийным резервом запасных частей районов электрических сетей // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 70. С. 14-17.

7. Буторин В.А., Царев И.Б. Планирование запасов обмоточного провода на электроремонтных предприятиях районного уровня // Техника в сельском хозяйстве. 2008. №3. С. 21-23.

8. Буторин В.А., Царев И.Б. Функция затрат на запасы в единицу времени электроремонтных предприятий при дискретном спросе // Вестник Челябинского агроинженерного университета. 2003. Т. 39. С. 28-33.

9. Ерошенко Г.П., Коломиец А.П., Кондратьева Н.П., Медведько Ю.А., Таранов М.А. Эксплуатация электрооборудования. М.: «КолосС», 2005. 592 с.

10. Ильин Ю.П., Хохлов А.В., Царев И.Б., Кузьмина Н.Ю., Рудных Н.В. Оценка выхода биогаза при мезофильной переработке сенажа топинамбура в биогазовом кластере // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 68. С. 39-49.

11. Новик И.В. Повышение уровня эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве / И.В. Новик // Сборник научных трудов по материалам III тура Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства России (номинации «Зоотехния», «Агроинженерия», «Технические науки»). Саратов: КУБиК, 2011. С. 54-57.

12. Новик И.В. Сушка асинхронных электродвигателей токами нулевой последовательности при вращающемся роторе / И.В. Новик // Итоги диссертационных исследований: Сборник материалов. Москва: Российская академия наук, 2015. С. 12-17.

13. Патент № 2581819 С1 Российская Федерация, МПК H02K 15/12, H02P 1/16. Способ сушки изоляции обмоток электродвигателя токами нулевой последовательности и устройство для его осуществления: № 2014146375/07: заявл. 18.11.2014: опубл. 20.04.2016 / Р.В. Банин, Г.А. Петров, И.В. Новик; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Челябинская государственная агроинженерная академия».

14. Саплин Л.А., Буторин В.А., Гусейнов Р.Т., Царев И.Б. Параметры распределения ресурса упорного подшипникового узла скважинных электронасосов // АПК России. 2020. Т. 27. № 1. С. 130-134.

15. Царев И.Б. Прогнозирование резерва запасных элементов специализированных предприятий районного уровня по ремонту электродвигателей в АПК: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02. Челябинск, 2009. 151 с.

ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОДХОДА УПРАВЛЕНИЯ НЕСУЩИМ ВИНТОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДВИГАТЕЛЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА

Анисимов Н.С. – курсант ВУНЦ ВВС «ВВА» им. Гагарина Ю.А. и Жуковского Н.Е., г. Воронеж, РФ

Аннотация

Проведено исследование при помощи экспериментальной установки для более рационального подхода управления несущим винтом и электрическим двигателем беспилотного летательного аппарата вертолетного типа. Рассмотрены зависимости радиуса несущего винта от профильной мощности для несущего винта, а также константы скорости вращения от крутящего момента для электрической силовой установки, отношение радиуса от тяги несущего винта, зависимость тяги несущего винта от мощности, подаваемой на электрический двигатель. Предложен способ модернизации для повышения эффективности несущего винта беспилотного летательного аппарата вертолетного типа.

Гибридизация является одной из ведущих направлений в разработке более эффективных производственных систем, как правило, это – сочетание традиционных и нетрадиционных процессов. С другой стороны, разрабатывается концепция гибридных систем, в которых два или более отдельных процесса объединяются в одну систему.

Опыт применения беспилотной авиации крайних лет наглядно показывает, что современная беспилотная авиация должна иметь улучшенные характеристики полета чем их зарубежные конкуренты, а также повышенная маневренность и достаточное время полета для возможности более эффективного использования в советующих направлениях является одним из основных направлений развития.

На маневренные характеристики и экономичность расходования электроэнергии, находящегося на борту (потребного для обеспечения заданного времени в воздухе), влияет совокупность процессов электрической силовой установки и несущего винта беспилотного летательного аппарата. С помощью модернизации и учета гибридизации существующих основных частей беспилотного летательного аппарата формируется задача по улучшению основных характеристик.

Для выявления ключевых направлений модернизации беспилотного летательного аппарата вертолетного типа необходимо рассмотреть особенности работы, как несущего винта, так и электрической силовой установки, обуславливающие организацию рабочего процесса.

Несущий винт беспилотного летательного аппарата вертолетного типа расположен и находится на верхней части вертолета, оснащенный на вращательной головке. Это основной винт, который создает подъемную силу и позволяет вертолету взлетать и держаться в воздухе. Он расположен вертикально сверху и имеет установленный диаметр.

Несущий (основной) винт с вертикальной осью вращения, обеспечивает подъемную силу, позволяет выполнять управляемый горизонтальный полёт и совершать посадку во всем эксплуатационном диапазоне высот и скоростей полета и включает в себя:

- втулку несущего винта;
- две лопасти;
- автомат перекоса;
- редуктор несущего винта;
- системы, обеспечивающие передачу крутящего момента несущему винту от синхронного бесколлекторного электрического двигателя, с ее системами управления и электроснабжения.

Электрическая силовая установка состоит из:

- электрического двигателя синхронного типа бесколлекторного;
- контроллер (для управления частотой вращения электродвигателя);
- аккумуляторная батарея.

Электрический двигатель синхронного типа бесколлекторный, использующийся в подавляющем большинстве электрических силовых установок, используемый беспилотным летательным аппаратом.

В отличие от других приводов, например, асинхронной машины переменного тока, для работы бесколлекторного двигателя необходим специальный контроллер, который включает обмотки таким образом, чтобы векторы магнитных полей якоря и статора были ортогональны друг к другу. То есть, по сути, устройство-драйвер регулирует вращающий момент, действующий на якорь бесколлекторного двигателя.

Двигатель эксплуатируется в широком диапазоне высот и скоростей полета, устойчиво работает на перебойных режимах электропитания, обеспечивает уникальные маневренные характеристики беспилотного летательного аппарата вертолетного типа.

Основные задачи перспективных исследований по модернизации и разработке беспилотных летательных аппаратов и их электрических силовых установок состоят в учете взаимного влияния, конструктивных элементов, на параметры электрического двигателя.

В результате анализа особенностей применения беспилотного летательного аппарата вертолетного типа и его силовой установки выявлено, что одним из наиболее перспективных направлений в плане увеличения времени нахождения в воздухе является изменение профильной мощности в зависимости от геометрических размеров несущего винта.

Проведено исследование по повышению эффективности организации рабочего процесса несущего винта беспилотного летательного аппарата вертолетного типа при помощи экспериментальной установки по определению характеристик силовой установки беспилотного летательного аппарата вертолетного типа, удостоверение на рационализаторское предложение представлено в дополнительных материалах.

В используемой установке применены программы управления электрической силовой установкой и элементами конструкции беспилотного летательного аппарата. Для имитации управления и задания ограничений, как несущим винтом, так и электрическим двигателями. Программы управления зарегистрированы и получены свидетельства о государственной регистрации.

Полученные зависимости приведены ниже, на рисунке 1.

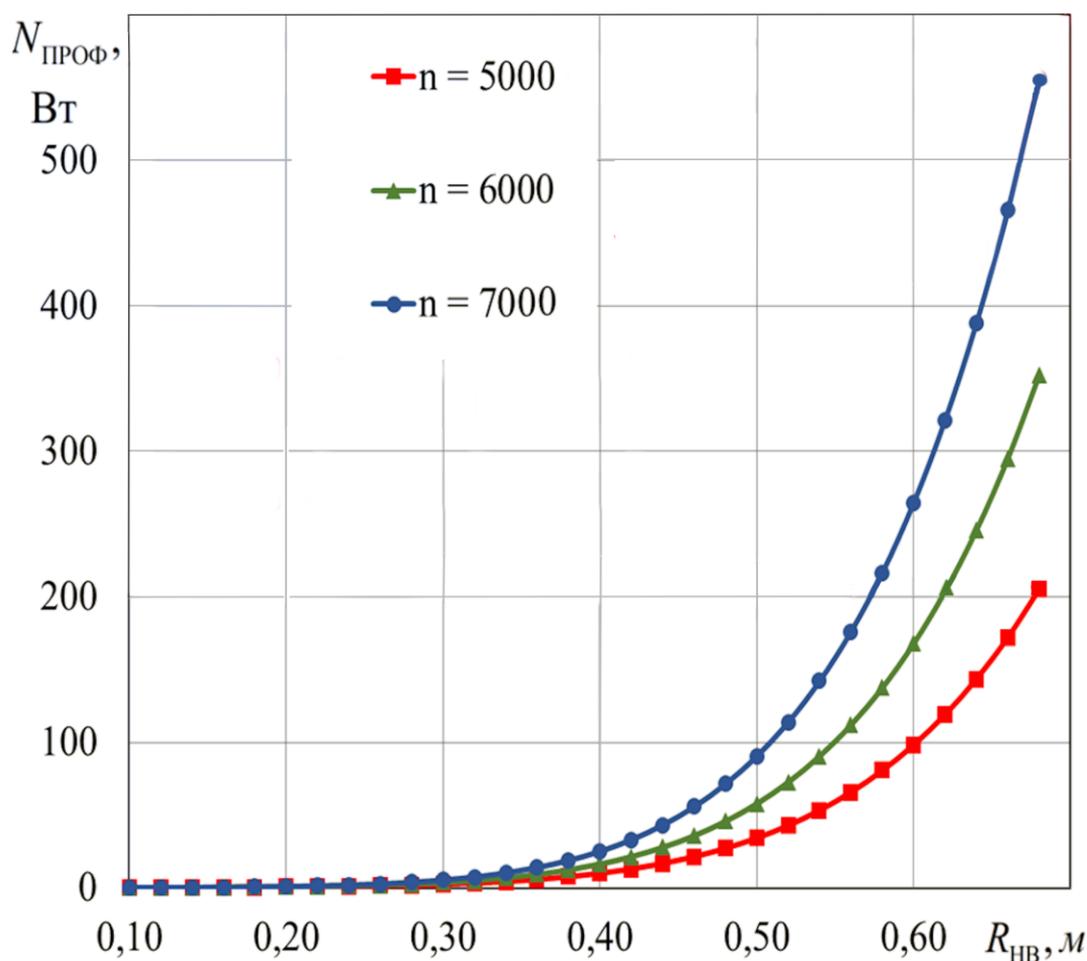


Рис. 1. Зависимость профильной мощности от радиуса несущего винта

При исследовании по повышению эффективности организации рабочего процесса несущего винта беспилотного летательного аппарата вертолетного типа получены зависимости профильной мощности от радиуса несущего винта. При анализе которых, можно сделать вывод, что при увеличении частоты вращения более эффективным решением будет уменьшение радиуса несущего винта, что приведет к уменьшению мощности, вырабатываемой на преодоление профильного сопротивления.

С точки зрения аэродинамики длинные лопасти создают большую площадь поверхности, на которую воздействует ветер или поток воздуха. Это означает, что сила, с которой воздушный поток действует на лопасти, также увеличивается. Если влияние воздушного потока критическое или поток воздуха неустойчив, то это может привести к срыву потока воздуха на лопастях.

Во-вторых, длинные лопасти могут быть более гибкими и менее жесткими, чем их аналоги меньшего удлинения. Это также увеличивает вероятность срыва

потока воздуха с законцовок, так как большая гибкость может привести к тому, что лопасть совершит колебания при воздействии ветра или других факторов.

Наконец, длинные лопасти могут создавать более высокие напряжения и нагрузки на конструкцию. Если конструкция лопасти недостаточно прочна или несимметрична, то это может привести к появлению трещин, возникновения колебаний, а как следствие резонансным явлениям и дальнейшему разрушению конструкции.

На основании всего вышесказанного, предложено конструктивное решение по изменению диаметра несущего винта беспилотного летательного аппарата вертолетного типа.

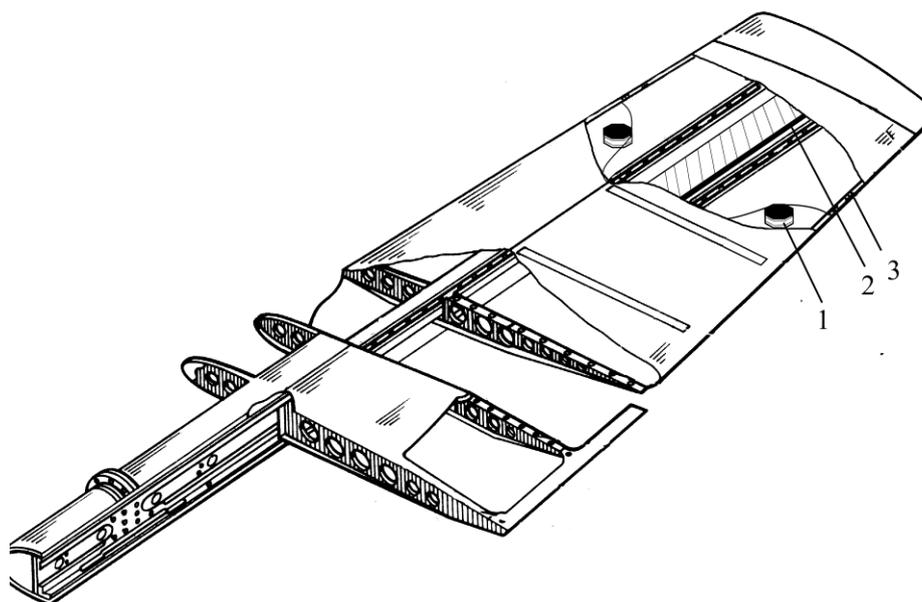


Рис. 2. Конструктивное решение по изменению диаметра несущего винта, где 1 – шарнирная заделка, 2 – груз, 3 – уплотнительный замок

Представленный способ регулирования диаметра несущего винта позволяет под действием центробежных сил, в момент возрастания скорости вращения изменять длину лопасти. Рассмотрим выражения для центростремительного ускорения:

$$F_{ц} = \frac{m_m v^2}{r} \quad (1)$$

где m_m – масса точки;

v – линейная скорость вращающегося объекта;

r – радиус вращения.

Груз смещается по направляющим в сторону со направленную с силой инерции, при этом движение части лопасти сводится к центру. Вследствие чего радиус несущего винта уменьшается.

Регулирование несущего винта осуществляется в двух режимах: вертикальный и горизонтальный.

При горизонтальном этапе необходимо создать условия максимального выпуска лопасти, для создания потребной подъемной силы, как представлено на рисунке 2.

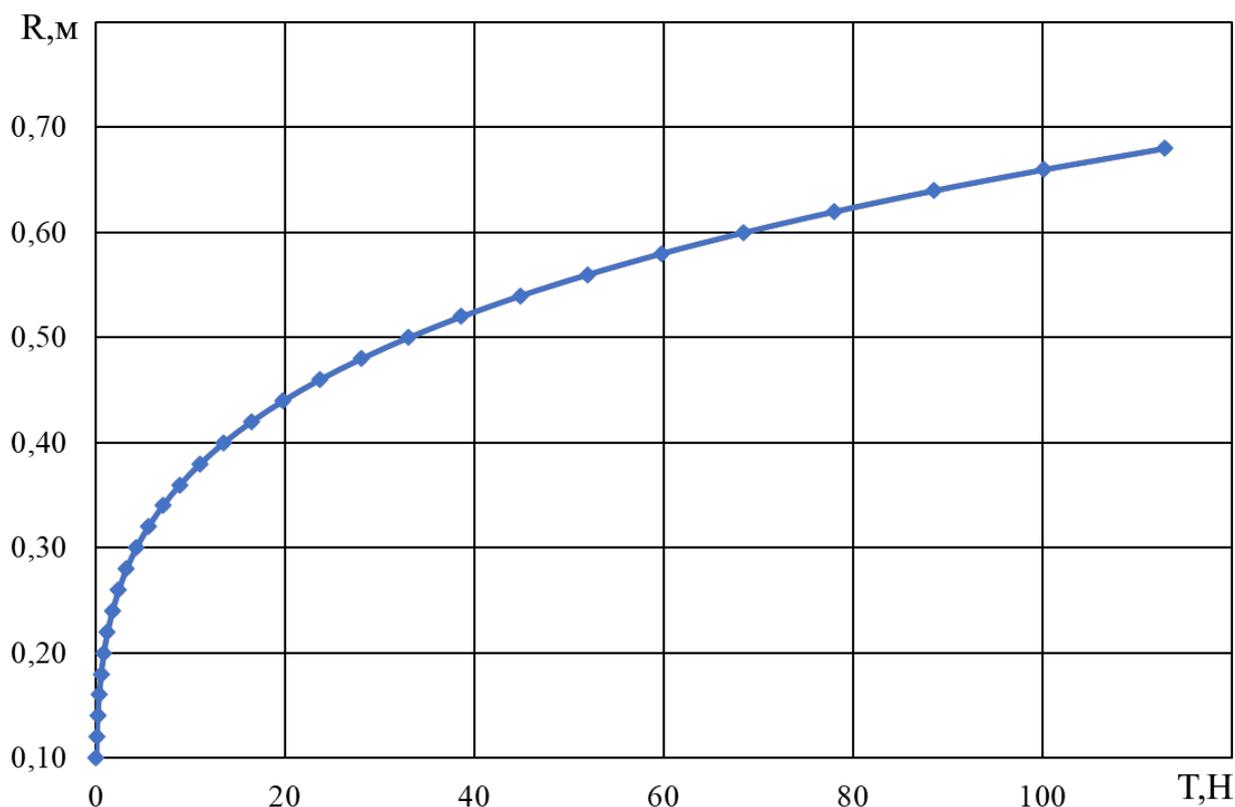


Рис. 3. Отношение радиуса от тяги несущего винта

Данный режим обеспечивает максимальную скороподъемность беспилотного летательного аппарата вертолетного типа, за счет максимальной тяги. Геометрические параметры варьируются от значений радиуса 0,1 до 0,68. Кратковременное повышение мощности на обмотках до значений 150 Вт, являются граничащими, но входят в рабочий диапазон токов. Такой подход позволяет за минимальное время выйти на заданную высоту при минимальном расходе электроэнергии.

Рассмотрению поддается режим при горизонтальном перемещении. При переходе в прямолинейное горизонтальное движение беспилотного летательного

аппарата вертолетного типа важно учитывать важно рассматривать совокупность конструктивных частей и параметров электрического двигателя. Одним из которых является коэффициент KV.

Коэффициент KV – константа скорости вращения [об/мин*В]. Данный параметр имеет диапазон от 800-5000 единиц. Характеризует максимальные обороты, на которых способен работать мотор. Параметр KV зависит от эффективности работы мотора в режиме генератора – чем эффективнее мотор генерирует обратную ЭДС, тем меньше значение KV.

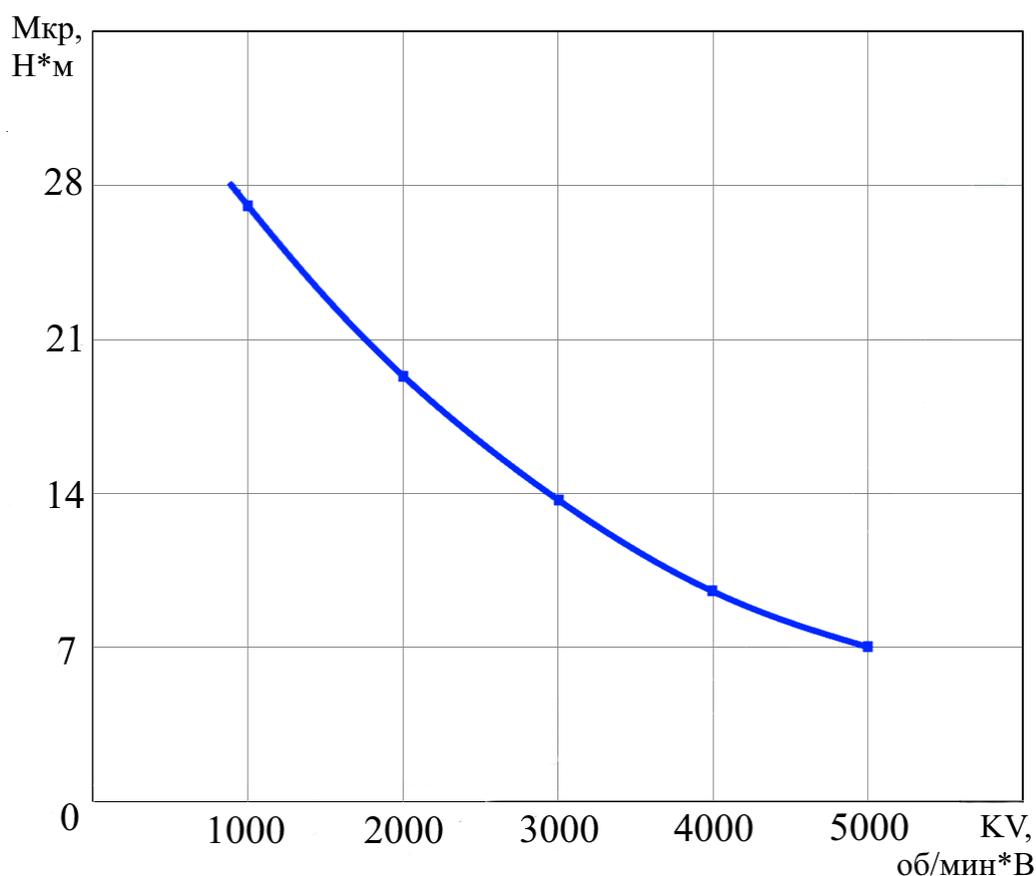


Рис. 4. Зависимость константы скорости вращения от крутящего момента

Но эффективность мотора в режиме генератора, и его эффективность в режиме, собственно, мотора неразрывно связаны. Мотор с низким крутящим моментом будет более эффективным. Именно поэтому есть обратная зависимость между значением KV и крутящим моментом мотора – у электрических двигателей низкой константой скорости вращения больше крутящий момент.

Отсюда следует, что наиболее эффективно использовать при прямолинейном горизонтальном полете большие скорости вращения и меньший радиус несущего винта. Продолжительность полета беспилотного летательного

аппарата увеличивается, из-за уменьшения потребляемой мощности электрической силовой установкой. Так как низкое значение вращающего момента и положительное влияние при изменении удлинения лопасти несущего винта на беспилотный вертолет в целом дает возможность увеличить время полета. Обращаясь к проектированию беспилотного летательного аппарата необходимо учитывать при подборе электрического двигателя значения константы скорости вращения (в диапазоне от 1800 до 4000), а также произвести расчет минимального радиуса несущего винта для получения оптимальных характеристик.

Также не менее важен и процесс расходования электроэнергии, а точнее сказать, подаваемая мощность на электрический двигатель, так как при изменяемом радиусе несущего винта положительный эффект достигается при режиме полета горизонтальный.

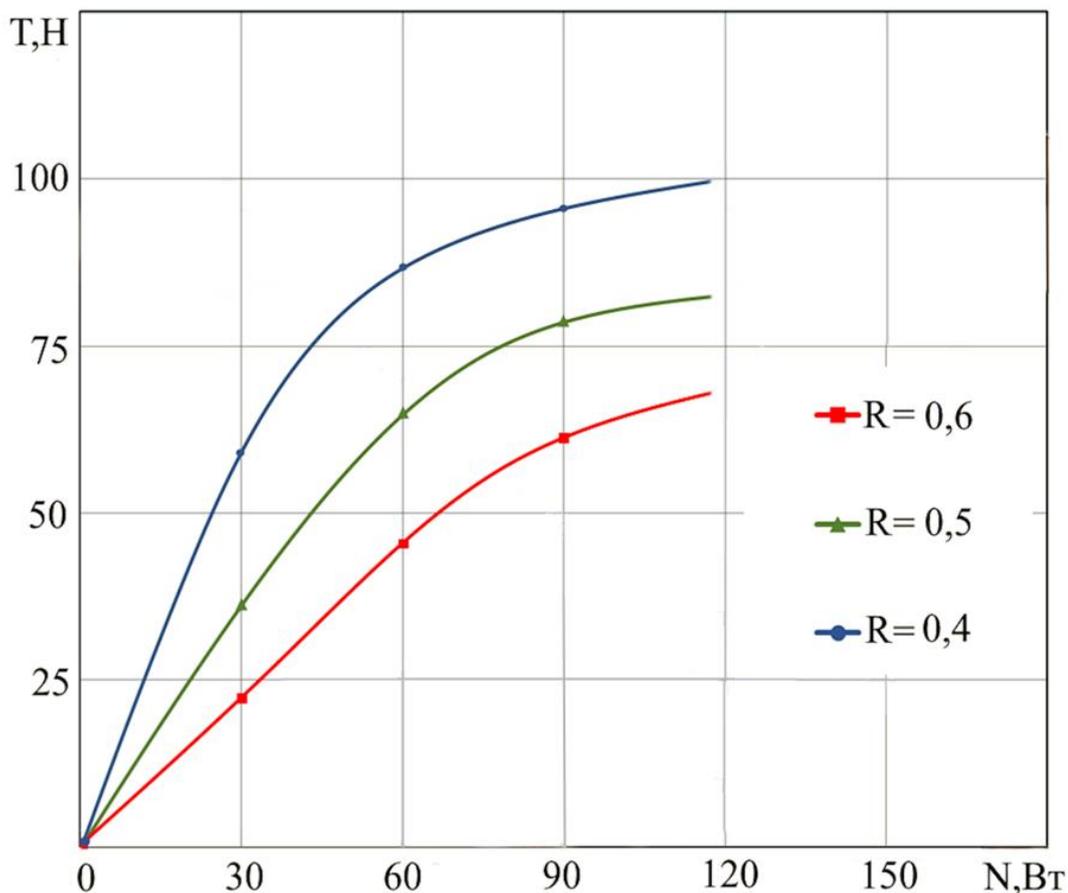


Рис. 5. Зависимость тяги несущего винта от мощности, подаваемой на электрический двигатель

При внедрении модернизации и учете гибридизации в беспилотном летательном аппарате, положительный эффект составил: около 19% экономии

электрической энергии и 52% снижение затрат профильной сопротивления несущего винта изменяемой геометрии.

В совокупности особенностей характеристик беспилотного летательного аппарата вертолетного типа и его силовой установки выявлено, что одним из наиболее перспективных направлений в плане увеличения времени нахождения в воздухе является изменение профильной мощности в зависимости от геометрических размеров несущего винта.

Список используемых материалов

1. Егер С.М., Матвиенко А.М., Шаталов И.А. Основы авиационной техники Учебник (Под ред. И.А. Шаталова) М.: // Машиностроение, 2003. 285 с.
2. Моисеев В.С. Беспилотные вертолеты: Современное состояние и перспективы развития // Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2019. 596 с.
3. Рубцов Ю.Б., Слюсарь Б.Н. Введение в авиационную технику и технологию // Уфа. 2005. 104 с.
4. Соболева Г.А., Рычкова Ю.В. Всемирная история авиации (Всемирная история) // М.: Вече, 2002. 215 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА Г. АЛЧЕВСКА

Бешенцев И.Д. – студент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Аннотация

В данной статье мы рассмотрим транспортную систему г. Алчевска, рассмотрим основные виды транспорта, её обслуживающие, исследуем наиболее популярные у жителей направления, и предложим эффективные решения по развитию системы. Безусловно, мы также будем учитывать генеральный план развития города, а также планы развития общественного транспорта, сделанные в конце 70-ых XX и начале 10-ых годов XXI века. Будет разработана наиболее эффективная маршрутная сеть, основанная полностью на троллейбусах с увеличенным автономным ходом (ТУАХ).

Город Алчевск находится в Луганской Народной Республике, в настоящее время находится в тылу боевых действий, однако ещё недавно подвергался усиленным обстрелам. Например, 17 июля 2022 г. ракетный удар разрушил троллейбусное депо. Стены сохранились, и троллейбусы в целом также, однако повреждения от разлетевшихся осколков имеются. В данный момент власти города усиленно реконструируют город после интенсивных артобстрелов, и не обошли стороной и троллейбусную систему города. В настоящий момент действует 7 маршрутов троллейбуса: №№ 3, 6, 8, 8а, 9, 10, 11 (2 маршрута, №№ 5, 7, временно не действуют), и 18 маршрутов коммерческих автобусов: №№ 4а, 5, 7, 8, 10, 16, 17, 18, 19, 27, 28, 31, 33, 34, 36, 38, 41, 47. Обслуживает это хозяйство 32 троллейбуса и по меньшей мере 80 автобусов.

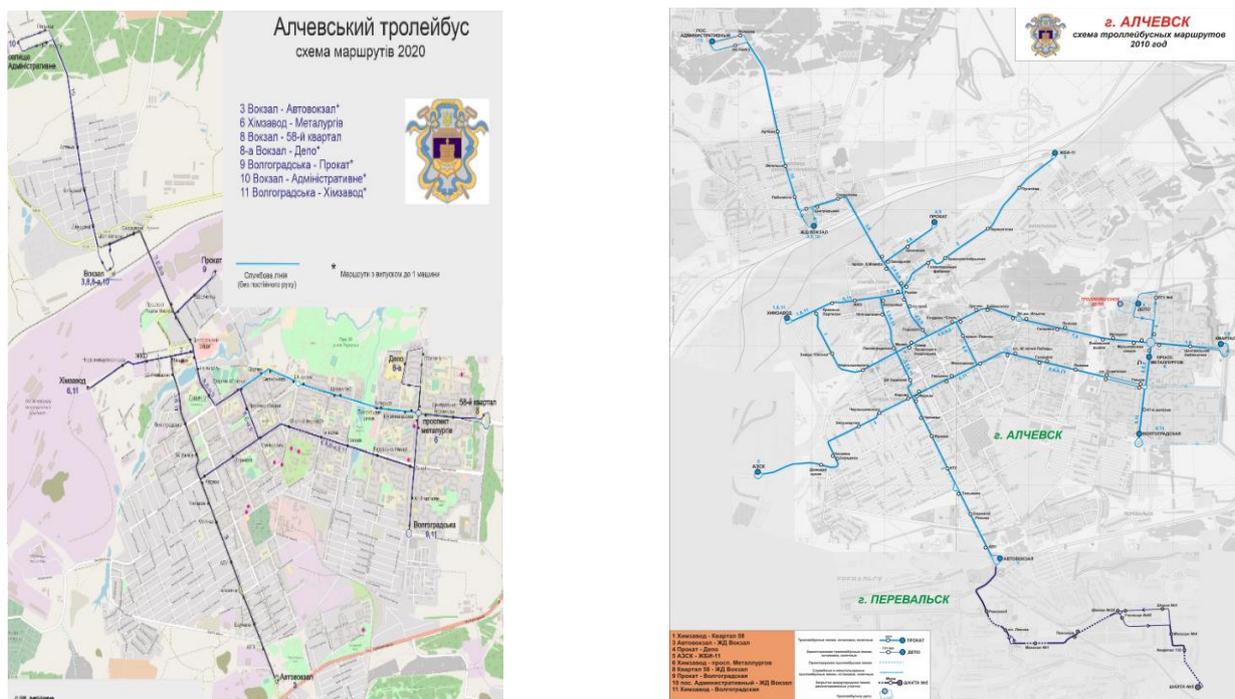


Рис. 1. Схемы маршрутов 2020 и 2010 гг.: утрачено довольно протяжённое количество линий

В период своего максимального развития, 1955-1980 гг., троллейбусная сеть развивалась наиболее интенсивно, чем во всей УССР. За 5 лет появилось депо, 35 троллейбусов, и целый междугородний троллейбусный маршрут «Алчевск-Перевальск». Основные направления – связь с Метзаводом, Химзаводом и железнодорожным вокзалом. Возможно, это связано с высокими пассажиропотоками, для которых ещё в 1940-е гг. планировался трамвай. Однако просчитали, что эффективнее будет работать троллейбус. За следующие 5 лет, с 1960 по 1965 гг., парк пополнился до 83 машин, появились линии в близлежащий посёлки – Лиман, Васильевка, (которые позже вошли в состав города), и к 1970 году была построена линия от ул. Попова (пл. 30-летия Победы) до ул. Гмыри. В 1970-1975 г. открылось второе депо на 100-110 машиномест (для разгрузки первого – там было уже более 100 машин), а также линии по ул. Декабристов (до завода «Сигнал»), Ленинградской ул. Во второй половине 70-ых появилась линия в пос. Административный с тяговой подстанцией, а также в микрорайоны «Квартал 58» и «Квартал 59».



Рис. 2. Схема маршрутов с планами развития (конец 70-х годов)

Постсоветская история Алчевского троллейбуса выражается в основном в приобретении подвижного состава и строительстве тяговых подстанций. В 2004 г. депо 1 остаётся лишь для ремонта троллейбусов, к 2008 г. оно завершило работу – предприятие полностью отремонтировало все троллейбусы и закупило новые. На конец 2004 г. в наличии было 68 машин, из них в часы пик работали 42 троллейбуса. Велись работы по закольцеванию Квартала 60 (по Волгоградской и Сарматской ул.), до кольца ул. Гмыри. Впрочем, они так и не были завершены. С 2008 г. наступила бескондукторная оплата проезда, с 2011 г. – пятидневный график работы водителей.

Но на настоящий момент на линию таки выходит 8 машин, несколько раз в день – и дальнейшие перспективы неясны.

Со стороны администрации Алчевска – недопустимо разрушать столь перспективную систему городского электротранспорта. В конце 1970-х годов был разработан план развития системы (рис. 2), где появились бы линии до Исаковского водохранилища, пос. Карпаты, пос. Кипучее (Артёмовск)... Маршрутная сеть увеличилась бы до 15 маршрутов, и таким образом, получены были бы ориентиры для дальнейшего развития и застройки города. Тот самый комплексный подход в данном случае был бы реализован как нельзя лучше – троллейбус соединял все жилые кварталы, создавая стабильную и комфортную городскую среду, в которой хотели бы жить люди. В настоящее время вместо троллейбусов на некоторых маршрутах работают маршрутные такси – принадлежащие, между прочем, троллейбусному КП «Алчевскпастранс».

Необходимо комплексно подойти к восстановлению троллейбусной системы города, и далее её развитию. В первую очередь, рассмотрим основные направления движения пассажиропотоков. Помимо эмпирического способа нахождения данных, мы также можем рассмотреть схему всех маршрутов, и оценить, через какие объекты притяжения проходят трассы большинства маршрутов. Мы видим, что это пр. Metallургов, ул. Гмыри, ул. Ленина, ул. Фрунзе, Московская ул., Ленинградская ул., ул. Горького (Центральный рынок, Автостанция), ул. Свердлова – к железнодорожному вокзалу (составляет магистральную связь «восток – север»), а также популярен у жителей участок по ул. Кирова от ул. Фрунзе до Луганской улицы (магистральная связь «север-юг»). Учтём эту особенность при проектировании маршрутов – действительно, по направлению к железнодорожному вокзалу расположено большинство объектов притяжения, когда как по улице Ленина – основные жилые кварталы. Благодаря этому мы также видим, какие маршруты необходимо усилить или наоборот, ослабить.

Далее в приложении «Конструктор Яндекс карт» построим систему маршрутов на предполагаемый максимальный пик развития – если бы ни одной линии не сняли, а проектируемые бы уже построили и запустили по ним движение. Рассмотрим характеристику каждого маршрута в таблице 1:

Характеристика спроектированных маршрутов троллейбусов

№ м-та	Длина м-та, км (рейс)	Трасса следования (с выделением пиковых участков)	Допустимое количество ПС	Решение об усилении/ослаблении ПС
1	17	Химзавод – Декабристов – Ленинградская (включая пиковый участок) – Липовенко – Металлургов – Квартал 58 – Сарматская – /Ленина – Волгоградская – Гмыри (квартал 61) – Ленина /	5 БК	В часы пик НЕ усиливаем
2	10	Химзавод – Краснопартизанская – Луганская – Кирова (включая пиковый участок) - Автовокзал	4 БК	В часы пик НЕ усиливаем
3	23	Шахта №5 – Гвардейская – Вологодская/Жени Кийковой – Черниговский – Дзержинского – Переездная – Кирова (включая пиковый участок) – Луганская – Горького – Свердлова – ЖД вокзал	10 (8 БК, 2 ОБК)	В часы пик УСИЛИВАЕМ (+2 БК, 1 ОБК)
4	11	Прокат – Заводская – Горького – Ленинградская (включая пиковый участок) – Липовенко – Гмыри – проектируемая линия (Громовой/Фурманова, Чайковского) – ул. Чайковского – пос. Карпаты	6 БК	В часы пик НЕ усиливаем
5	14	ЖБИ-11 (пос. Васильевка) – Коцюбинского – Советская – Луганская – Кирова (включая пиковый участок) – Фрунзе – Западная – Чапаева – АЗСК	6 БК	В часы пик НЕ усиливаем
6	20	Химзавод – Краснопартизанская – Луганская – Кирова (включая пиковый участок) – Фрунзе (включая пиковый участок) – Ленина – Гмыри – проектируемая линия (Громовой/Фурманова, Чайковского) – Шевцовой – пос. Васильевка – ЖБИ-11	8 БК	В часы пик УСИЛИВАЕМ (+ 1 БК, 1 ОБК)
7	25	Пос. Карпаты – Чайковского – Шевцовой – пос. Васильевка – Коцюбинского – Советская – Луганская – Горького – Ленинградская (включая пиковый участок) – Московская – Волгоградская /Сарматская – Ленина – Гмыри (квартал 61)/	6 БК	В часы пик НЕ усиливаем

Продолжение табл. 1

8	15	Квартал 58 – <u>Металлургов</u> – <u>Гмыри</u> – <u>Ленина</u> – Фрунзе (<u>включая пиковый участок</u>) – Московская (<u>включая пиковый участок</u>) – Ленинградская (<u>включая пиковый участок</u>) – <u>Горького</u> – <u>ЖД вокзал</u>	8 (6 БК, 2 ОБК)	В часы пик УСИЛИВАЕМ (+ 1 БК, 1 ОБК)
9	12	Прокат – Заводская – <u>Горького</u> – Ленинградская (<u>включая пиковый участок</u>) – Московская (<u>включая пиковый участок</u>) – Фрунзе (<u>включая пиковый участок</u>) – <u>Ленина</u> – Гмыри (квартал 61)	6 БК	В часы пик НЕ усиливаем
10	13	Административный – Пржевальского/Челюскинцев – Карла Либкнехта – <u>ЖД вокзал</u> – <u>Свердлова</u> – <u>Горького</u> – Карла Маркса – <u>Металлургов</u> – Коммунальная – Краснопартизанская – Химзавод	3 БК	В часы пик НЕ усиливаем
11	29	Метзавод – Коммунальная – Краснопартизанская – Декабристов – Ленинградская – Кирова (<u>включая пиковый участок</u>) – Фрунзе (<u>включая пиковый участок</u>) – Московская – Волгоградская /Сарматская – <u>Ленина</u> – Гмыри/ – дор. в Малокостантиновку – Малокостантиновка	6 БК	В часы пик НЕ усиливаем
12	30	АЗСК – Чапаева – Западная – Фрунзе (<u>включая пиковый участок</u>) – Московская – Филатова – Цимлянская – Верхняя – дор. в Малокостантиновку – Малокостантиновка	3 БК	В часы пик НЕ усиливаем
13	21	Кипучее – Серго – 9 мая – Щорса – Перемоги – Переездная – Дзержинского – Черниговский – Вологодская/Жени Кийковой – Гвардейская – Шахта 5	3 БК	В часы пик НЕ усиливаем
14	20	Райбольница – Скрыбина – Дзержинского – Переездная – Кирова (<u>включая пиковый участок</u>) – Ленинградская (<u>включая пиковый участок</u>) – Липовенко – Металлургов – Квартал 58	6 БК	В часы пик НЕ усиливаем

Продолжение табл. 1

15	26	Шахта №5 – Гвардейская – Вологодская/Жени Кийковой – Черниговский – Дзержинского – Переездная – Верхняя – дор. в Малоконстантиновку – Малоконстантиновка	3 БК	В часы пик НЕ усиливаем
16	21	Горняцкий – Цимлянская – Переездная – Кирова – Фрунзе (включая пиковый участок) – Московская (включая пиковый участок) – Ленинградская (включая пиковый участок) – Горького – Советская – Коцюбинского – Шевцовой – пос. Васильевка	6 БК	В часы пик НЕ усиливаем
17 (бывш. 8а)	25	Волгоградская/Сарматская – Ленина – Гмыри (квартал 61)/ - Гмыри – проектируемая линия (Громовой/Фурманова, Чайковского) – Шевцовой – пос. Васильевка – Коцюбинского – Советская – Горького – /Октябрьская/Свердлова – ЖД Вокзал/ – 9-го Января – Ул. Крупской	5 БК	В часы пик НЕ усиливаем
18	23	30-летия Победы – Фрунзе (включая пиковый участок) – Московская – Филатова – Цимлянская – Верхняя – Переездная – Перемоги – Щорса – 9 мая – Серго – Кипучее	3 БК	В часы пик НЕ усиливаем
ИТОГ: 18	355 км		97 (93 БК, 4 ОБК)	Усиливаем на 7 (4 БК, 3 ОБК)

Итого: маршрутная сеть составляет 18 направлений, из которых 7 – пригородные (в Карпаты №№ 4, 7, в Перевальск №№ 3, 14, в Малоконстантиновку №№ 11, 12, в Кипучее – №18), 2 – междугородние (Кипучее – Перевальск №13, Перевальск – Малоконстантиновка №15). Диаметральных внутригородских маршрутов – 6 (№№ 1, 5, 6, 8, 16, 17), магистральных – 4 (№№ 2, 4, 9, 10).

Характеристика инфраструктуры электротранспорта г. Алчевска

Объект инфраструктуры	В налич.	Восстановить/ построить
Депо	1 (№2)	1 (№1 для ТО, ТР, резерва)
Подстанции	№№ 1, 2, 4	№№ 3, 5, №№ 6, 7, 8
Неиспользуемые линии КС:		
Декабристов		1
Ленинградская		1
Линия Метзавод		1
Советская, Коцюбинского	1	ПОДКЛЮЧИТЬ
Фрунзе, Зап., Чап.	1	ПОДКЛЮЧИТЬ
Линия в Перевальск		1
Липовенко		1
Проектируемые линии КС:		
Пос. Карпаты	Строить КС	
Ул. 9 января	Запуск ТУАХ	
Горняцкий	Запуск ТУАХ	
Исаковское вдхр.	Запуск ТУАХ	
Кипучее	Строить КС	
Вокруг кв. 60	Строить КС	
Верхняя (от Кирова до Цимл.)	Строить КС	
Орловский пруд	Запуск ТУАХ	

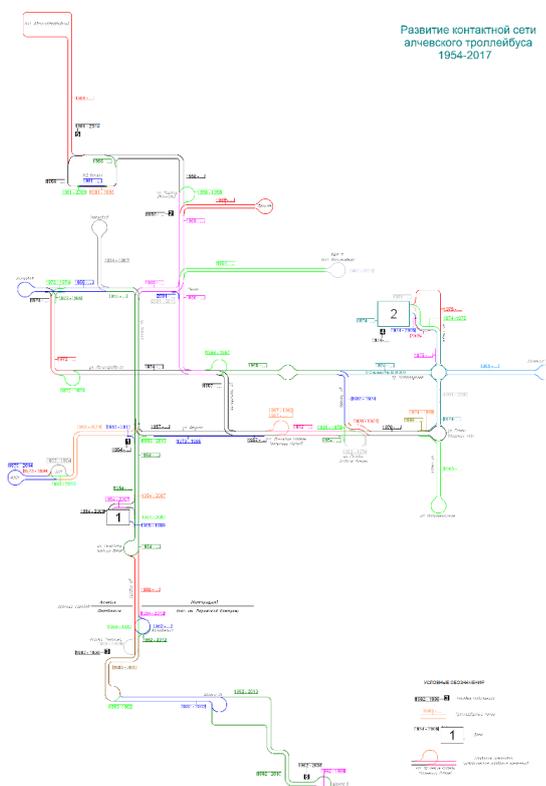


Рис. 4. Схема развития КС Алчевского ТБ

Рассмотрев разработанную маршрутную сеть обращаемся к имеющимся в наличии объектам транспортной инфраструктуры – депо, контактная сеть, подстанции (таб. 2). Обратимся к карте троллейбусной инфраструктуры Алчевска (рис. 4). Мы видим, что немного потеряно, восстановлению подлежат все неиспользуемые и демонтированные линии, даже до распада СССР (линия в Метзавод). Неиспользуемые в настоящее время линии должны быть подключены к подстанциям, в том числе двум восстановленным и трём новым. Часть проектируемых линий целесообразнее построить, по линиям без КС – запустить ТУАХ с автономным ходом от 10 до 20 км. Депо №1 необходимо будет восстановить в качестве площадки для проведения ТО-2, ТР, КВР и выпуска резервных вагонов. В депо №2 будет проводиться отстой ПС, ТО-1 и выпуск в часы пик. Также на базе депо №2 необходимо открыть учебно-курсовой комбинат для обучения на профессии водителя троллейбуса, слесаря, механика, и прочих специалистов, связанных с электрооборудованием.

Табл. 3

Характеристика дублирования маршрутной сети троллейбуса коммерческим транспортом

№ маршрута	Дублирование тб №№, %	Окончательное решение
4а	4 (100%)	Усиление тб №4
5	5 (100%)	Усиление тб №5
7	7 (70%)	Усиление тб №7
8	8 (95%)	Усиление тб №8
10	10 (100%)	Усиление тб №10, продление (до Метзавода)
16	6 (90%)	Усиление тб №6, продление тб №1
17	7 (60%), 8 (50%)	Усиление тб №№ 7, 8
18	8 (90%)	Усиление тб №8, продление тб №1
19	9 (95%)	Усиление тб №9, продление (до Сарматской)
27	17 (60%), 6 (40%),	Усиление тб №№ 6, 17
28	8 (95%), 9 (70%)	Усиление тб №№ 8, 9
31	8 (100%)	Усиление тб №8
33	14 (70%)	Усиление тб №14
34	14 (80%), 3 (60%)	Усиление тб №№ 3, 14
36	6 (95%)	Усиление тб №6, продление тб №1
38	8 (80%), 9 (60%)	Усиление тб №№ 8, 9
41	4 (80%), 17 (60%)	Усиление тб №№ 4, 17
47 (Горняцкий)	16 (90%)	Усиление тб № 16

Что касается маршрутной сети коммерческого транспорта, то в данном случае для водителей необходимо организовать переобучение на водителей

троллейбуса – с повышением зарплаты, так как категория «троллейбус» в правах на вождение – уникальная по сегодняшним меркам. Пользователи маршрутных такси довольно быстро адаптируются к изменениям, так как 18 маршрутов троллейбусов с большим перевесом будут покрывать трассы бывших коммерческих маршрутов (табл. 3). Таким образом, мы получим довольно сильное коммунальное предприятие «Алчевскпастранс», которое будет контролировать все пассажирские перевозки в городе городским наземным электротранспортом, и первым в мире городом, в котором все маршруты обслуживают троллейбусы. На рисунках 5, 6 представлена полноценная схема троллейбусных маршрутов г. Алчевска.

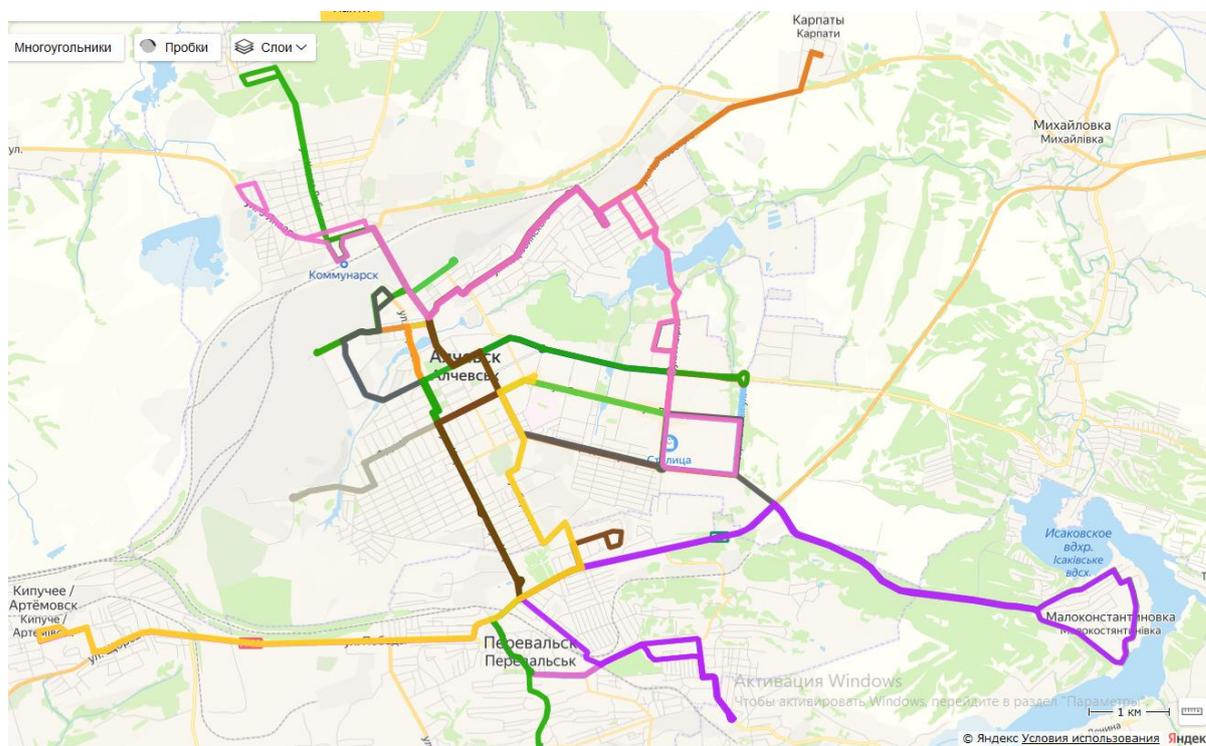


Рис. 5. Схема троллейбусных маршрутов г. Алчевска (создана в Конструкторе Яндекс Карт)

Список маршрутов троллейбуса и ТУАХ г. Алчевска



Рис. 6. Салонная схема троллейбусных маршрутов г. Алчевска (создана в редакторе Microsoft Visio)

Список используемых источников

1. Бешенцев И.Д., Терентьев А.В. Исследование развития транспортного сообщения между г. Кудрово Ленинградской области и районами Санкт-Петербурга // Проблемы преобразования и регулирования региональных социально-экономических систем: Сборник научных трудов. Санкт-Петербург, 2023 С. 178-193.

2. Бешенцев И.Д. Страницы 120-летней истории российского троллейбуса // Гуманитарные науки в современном мире: вчера, сегодня, завтра: Материалы V Международной научной конференции СПб.: СПбГУПТД. 2022. С. 240-248.

3. Бешенцев И.Д., Козлов В.Ю. Система питания двигателя внутреннего сгорания с помощью водородной топливной ячейки «Ладога-Премьер» // Актуальные проблемы современного строительства. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 187-192.

4. Бешенцев И.Д., Теремшонок А.А., Темиргалиев Е.Р. Создание маршрута регулярных перевозок, соединяющего три муниципальных образования Красногвардейского района города Санкт-Петербурга // Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика. СПб.: СПбГАСУ, 2021. С. 318-326.

5. Горев А.Е., Попова О.В. Эффективность использования инновационного подвижного состава городского пассажирского транспорта // Информационные технологии и инновации на транспорте 2020. С. 287-294.

6. Тайсаев К.К., Терентьев А.В., Жихарева С.А. Метод определения эффективности автобусов на основе интегрированной оценки показателей технической и коммерческой эксплуатации // Вестник гражданских инженеров. 2022. №1(90). С. 143-147.

7. Чеботарёв А.В., Горев А.Э. Разработка методики организации работы систем городского транспорта общего пользования, меняющих тип обслуживания в соответствии с изменением спроса на перевозки пассажиров // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 75.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА УНИВЕРСАЛЬНОГО РЕЛЬСА БАЛОЧНОГО СТАНА (УРБС)

Давыдова О.В – к.п.н, доцент ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»

Муллаяров М.Р.- студент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»

Аннотация

Рассматриваются ключевые вопросы модернизации железных дорог, проанализирована российская организация производства и транспортировки стометровых и двадцатиметровых рельс, а также автоматизированные системы управления. Представлена модель замены ручного труда машинным, для повышения эффективности работы участка и увеличения качества отгружаемой продукции на примере организации работы прокатного цеха №3 на ПАО ЧМК. разработан проект автоматизации управления пакетирования изготавливаемых рельс.

В настоящее время идет активная модернизация железных дорог, создаются современные локомотивы, вагоны, укладывается современный безстыковый скоростной путь, для которого необходимо производство стометровых рельсов.

Компания Российские железные дороги в основном закупает стометровые рельсы у двух российских производителей: «Евраз» и «Мечел». Но помимо стометровых по сей день продолжают использоваться и двадцати пятиметровые рельсы. При этом каждый из данных типов рельс требует своей методологии при транспортировании. Так при транспортировании стометровых рельс используются специальные железнодорожные платформы, на которые рельсы укладываются в готовый пакет подошвой вниз. В отличии от стометровых, двадцати пятиметровые рельсы необходимо укладывать ярусами: первый ярус укладывается подошвой вниз, при этом подошвы плотно примыкают друг к другу, следующий ярус укладывается подошвой вверх. Для проведения данной манипуляции необходимо использовать специальное оборудование с высокой степенью автоматизации.

Автоматизация производства в значительной степени позволяет сократить участие человека, что в свою очередь влияет на качество выпускаемой продукции уменьшением материальных и энергетических затрат и приводит к повышению эффективности работы предприятия в целом.

Современная экономика активно переходит на информационную, направленную на информатизацию и автоматизацию производства, а также делающей более эффективными и прозрачными процессы управления с новыми возможностями их модернизации.

Рассмотрим возможность замены ручного труда машинным на примере организации работы прокатного цеха №3 ПАО ЧМК путем внедрения автоматизации управления пакетирования изготавливаемых рельс.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) дать краткую характеристику цеха;
- 2) рассмотреть объект исследования;
- 3) проанализировать существующие методы переворачивания (кантовки) различных объектов;
- 4) проанализировать существующие автоматизированные системы управления;
- 5) разработать проект автоматизации управления пакетирования рельс длиной двадцать пять метров.

Универсальный рельса балочный стан (УРБС) – это одно из первых в России предприятий для производства фасонного проката и рельсов длиной от 12,5 до 100 метров, запущенное в 2013 г. Данный комплекс позаимствовал передовые разработки в области прокатки, закалки, правки, отделки и контроля качества проката, в который входят все необходимые технологические операции, позволяющие изготавливать высококачественную продукцию: от выплавки металла до погрузки готовой продукции на железнодорожные платформы (рис. 1).

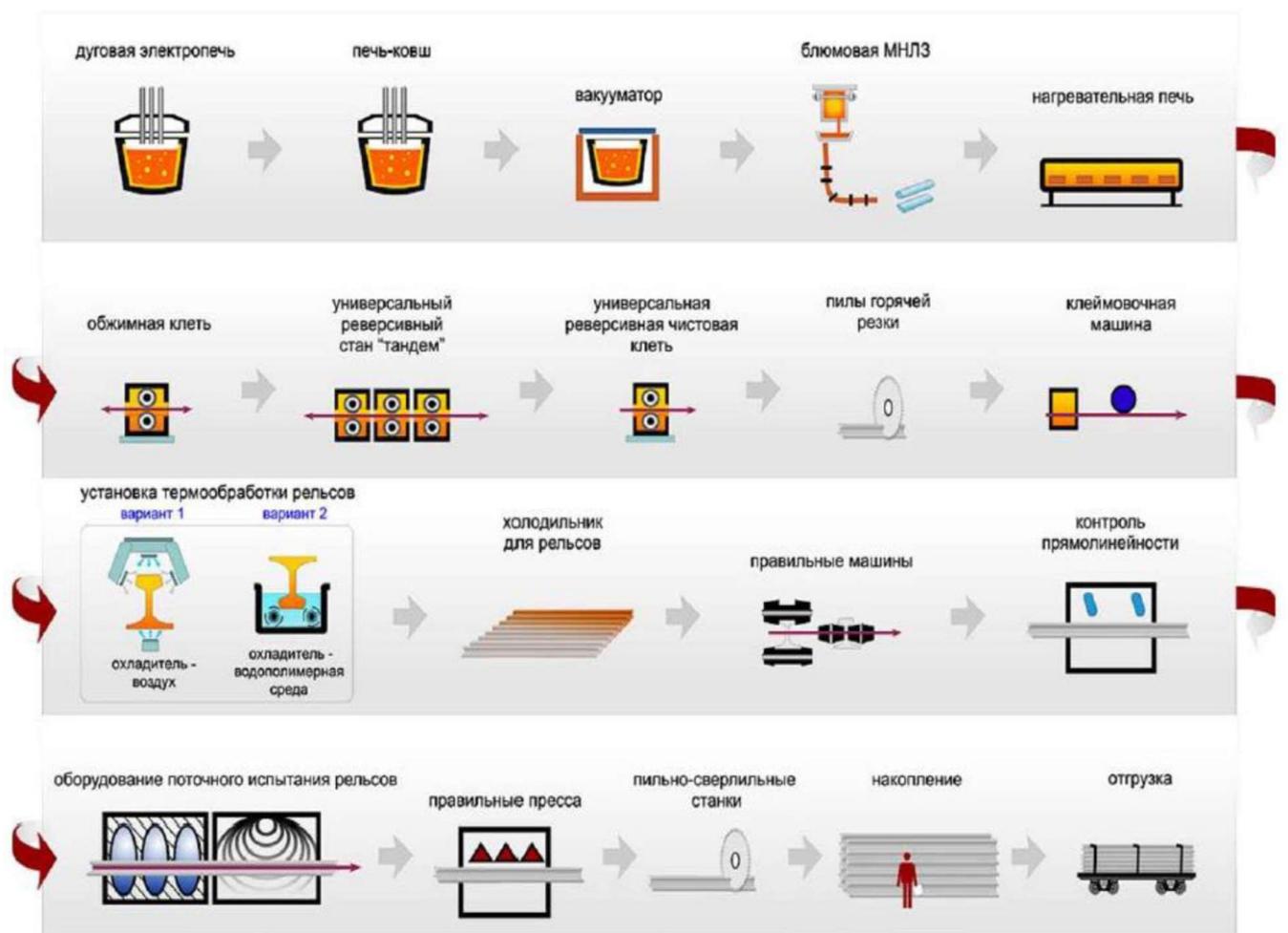


Рис. 1. Схема производства рельс на универсальном рельсобалочном стане

Объем выпускаемой продукции составляет до 1,1 млн тонн в год, а с внедрением автоматизированных систем управления на различных этапах производства, выпускные показатели заметно увеличатся.

Более тридцати освоенных профилей балки, рельсы Р65, Р50 и другие, швеллеры, уголки, шахтные стойки, U образная свая и прочий сортамент составляет сортамент выпускаемой продукции ПАО ЧМК (табл. 1).

Сортамент продукции

№	Профиль	Заготовка			Готовая продукция		Производительность, т/ч	коэфф. расхода металла, т/ч
		размеры, мм	длина, м	масса, кг	длина раската, м	масса, кг		
1	18Б1	180x180	6,21	1548	96	1478	77,1	1,047
2	20Б1	180x180	9,04	2251	96	2150	112,1	1,047
3	30Б1	300x360	4	3326	96	3158	103,5	1,053
4	35Б1	300x360	4,7	3910	96	3734	106,2	1,047
5	40Б1	ВВ400x320	5,81	4834	96	4618	124,2	1,047
6	60Б1	ВВ610x320	9,02	6671	60	6372	218,2	1,047
7	30К	ВВ610x320	9,36	6925	78	6614	221,7	1,047
8	25Ш	300x360	7,21	4291	96	4099	172	1,047
9	30Ш	300x360	6,48	5387	96	5146	162	1,047
10	P50	300x360	6,52	5423	100	5180	153	1,047
11	P65	300x360	8,17	6792	100	6488	181	1,047
12	СВП22	180x180	9,53	2201	96	2101	109,6	1,047

При прокате заготовок на универсальном рельсобалочном стане УРБС ПАО «ЧМК» используется типовая технологическая схема PSP (Profile Sizing Process). Эта схема основана на применении компактных универсальных групп клеток SCC (Standard Core Concept) и отдельно стоящей чистовой клетки. PSP обеспечивает непрерывно реверсивную прокатку заготовки, что позволяет сэкономить на размерах стана, а также использование данной схемы проката позволяет осуществлять быстрый переход с одного типа профиля и размера проката на другой.

В составе прокатного оборудования УРБС ПАО «ЧМК» имеется несколько ключевых компонентов. Во-первых, есть нагревательная печь с шагающими балками, которая используется для нагрева заготовок перед прокаткой. Затем применяется существующий обжимной стан «Блюмнг» и новый обжимной стан (ОС), которые выполняют функцию формирования заготовки. Далее следует ультрагибкий реверсивный стан (УГР), состоящий из двух универсальных четырехвалковых клеток (УК1, УК2) и горизонтальной клетки (Эджер), расположенной между ними. УГР обеспечивает точное формирование профиля и размера прокатки.

Также в составе оборудования присутствует чистовая клетка (ЧК), которая осуществляет финишную обработку заготовки. Для контроля качества и измерения параметров прокатанных заготовок используются лазерная система измерения Hi-Profile. Она позволяет точно определить размеры и формы

заготовки перед ее дальнейшей обработкой. Кроме того, на стане присутствует маркировщик рельс, который наносит необходимую информацию на прокатанные заготовки. Для улучшения механических свойств заготовок и применяется система закалки, а затем заготовки охлаждаются в холодильнике. После прокатки заготовок на стане происходит их правка с помощью поточных горизонтальной и вертикальной правильных машин. Это позволяет устранить возможные дефекты и придать заготовкам необходимую форму. После этого происходит участок испытаний методами неразрушающего контроля, где заготовки подвергаются различным проверкам для обнаружения скрытых дефектов. Наконец, заготовки проходят контроль и чистовую отделку рельсов, где проводится окончательная проверка перед отправкой в производство.

Таким образом, прокатный стан УРБС ПАО «ЧМК» обладает современным оборудованием и технологическими процессами, которые позволяют эффективно производить прокатку заготовок различных профилей и размеров. Это обеспечивает высокое качество и точность прокатки, а также позволяет быстро переключаться между разными типами продукции.

В составе прокатного оборудования УРБС ПАО «ЧМК», производства Danieli Morgardshammar, присутствует реверсивная обжимная клетка (ОС); реверсивная группа клеток (УГР), которая состоит из двух универсальных четырех валковых клеток (УК1, УК2) и расположенная между ними горизонтальная клетка (Эджер), а также отдельно стоящая чистовая калибрующая (ЧК) клетка. На всех прокатных участках стана (обжимная клетка, УГР, чистовая клетка) производится нечетное количество проходов. Чистовая клетка производит один проход (рис. 2)



Рис. 2. Обжимная клеть

Для контроля фактических размеров раската, заготовка поступает в автоматизированную систему измерения геометрических характеристик профиля «Hi-Profile», на основе измерения которой впоследствии вводятся необходимые корректировки.

Для выполнения требований низкотемпературной надежности, повышенной износостойкости, контактной выносливости, а также высокой прямолинейности рельсов применяется дифференцируемое термическое упрочнение (закалка рельса). Принцип закалки заключается в погружении головки профиля в специальный полимер с необходимой температурой и вязкостью, при этом происходит отвод тепла от подошвы и шейки рельса.

Для дальнейшего охлаждения проката до температуры позволяющей рельсе проходить обработку в правильном комплексе применяется холодильник с шагающими балками. На ПАО «ЧМК» холодильник был доработан установкой вентиляторов под шагающими балками по всей длине холодильника, что обеспечивает дополнительное воздушное охлаждение рельс, тем самым позволяет повысить интенсивность проката.

После правки каждый рельс, проходит через пресс – для улучшения прямолинейности концов рельс. Заключительным этапом является неразрушающий контроль качества, где проводятся ультразвуковые исследования рельс на предмет микротрещин.

Завершающим этапом производства рельс является участок отделки, обеспечивающий точную длину рельса, хорошую прямизну рельса, а также при необходимости ручную зачистку задиров, царапин и других дефектов, обнаруженных во время осмотра рельс отделом контроля качества. Участок отделки позволяет обрабатывать рельсы длиной 100, 25 и 12,5 метров.

Рельсы – это один из основных элементов железнодорожного пути. Они изготавливаются из стали и должны соответствовать строгим требованиям прочности, износостойкости и прямолинейности

Функционально участок отделки состоит из следующих зон:

- 1) зона правильных прессов №1 и №2;
- 2) зона неразрушаемого контроля (NDT);
- 3) зона инспекционного стола №1;
- 4) зона воздушной закалки Ajax;
- 5) зона холодного реза (пилы ABC);
- 6) зона шагающей балки №2 и №3;
- 7) зона накопления 4B;
- 8) зона инспекционного стола №4A;
- 9) зона инспекционного стола №5.

Технологическая схема зоны правильных прессов №1 и №2 состоит из двух независимых линий, где установлены правильные прессы №1 и №2. Зона расположена вниз по ходу от правильной зоны. Прямизна рельсов измеряется устройством Nistraight в выходе правильных прессов №1 или №2 с обработкой каждого выходящего за пределы допусков рельса (рельс недостаточно прямолинеен). У стороны входа этой зоны есть воздушное устройство передачи (воздушный переключатель), которое забирает новый рельс из выхода правильной линии и может выгрузить новый рельс на линию №1 или линию №2 (рис. 3).

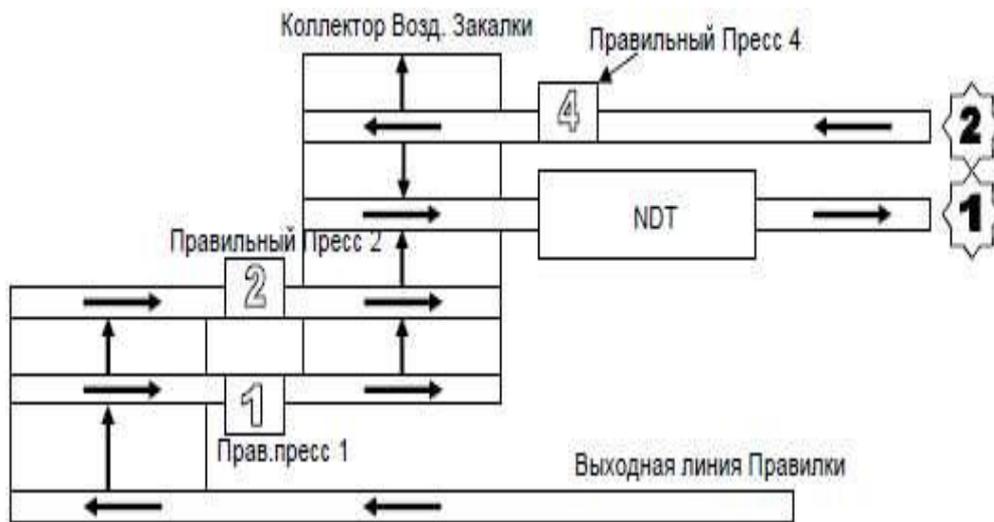


Рис. 3. Технологическая схема зоны правильных прессов №1 и №2.

На выходной стороне этой зоны есть воздушное устройство передачи (выходной воздушный переключатель), которое переключает рельс на линию №1 или линию №2 и может разгрузить рельс на рольганг зоны не разрушающего контроля NDT. Зона не разрушающего контроля NDT расположена на выходе зоны правильных прессов. Рольганг снабжает устройство НМК(NDT) одним рельсом. Заданная скорость рельса через линию NDT составляет 1,5 м\с, в то время как максимальная скорость может составлять до 2 м\с.

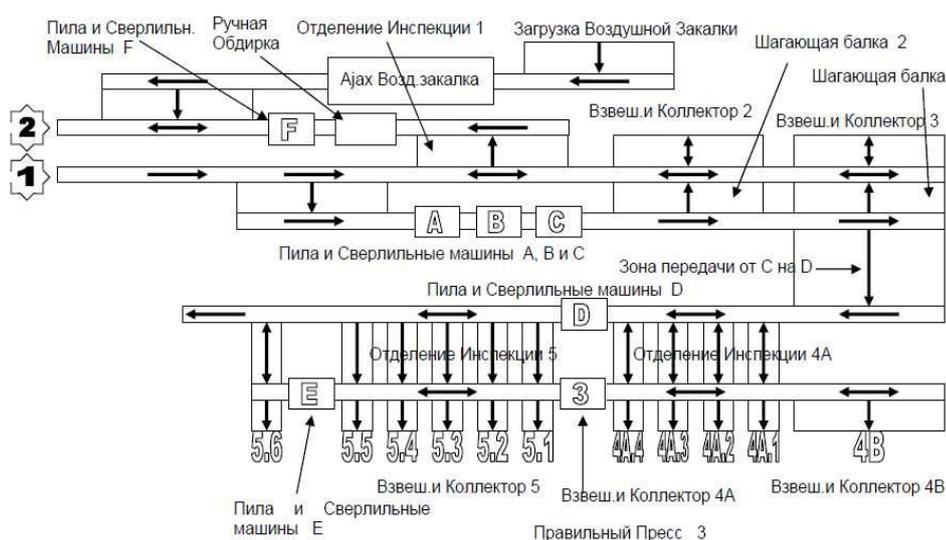


Рис.4. Технологическая схема участка отделки рельс

Рельсы, прошедшие проверку, отправляются на участок отделки рельс, где каждый рельс подвергается обрезке до требуемой длины (100 метров), а также дальнейшему контролю (рис. 4). На рисунке показана технологическая схема

участка отделки рельс, различные пути движения рельсы, в зависимости от того найден дефект в зоне неразрушающего контроля рельс (NDT) или нет.

Если у рельса отсутствуют дефекты он идет в зону пил ABC, а затем в накопитель 4В. Если у рельса есть поверхностные дефекты он следует в зону зачистки (отделение инспекции 1) и пилы F, затем возвращается обратно на NDT. Если рельс имеет структурные дефекты или не является прямым он идет в правильный пресс №4, а затем вновь возвращается в NDT. Если у рельса нет никаких дефектов, но требуется закалка он идет на шагающую балку №2 и с нее передаётся на закалку, затем возвращается на NDT.

Порезка рельс на мерные длины 100 и 25 метров производится на участке пил ABC. При необходимости для дальнейшей раскройки рельс на мерные длины 12,5 метров рельс подается с инспекционного стола 4 в зону пилы D. Пила E предусмотрена для режущих циклов дефектных рельс.

Зона инспекционного стола №1 расположена между выходом NDT и выходной зоной шагающей балки №2 и предназначена для ручной зачистки головы и хвоста, а также визуального осмотра на 100 метровых рельсах.

Зона шагающей балки №2 и №3 позволяет:

- если длина рельса составляет 100 м, буферизировать материал, который должен быть транспортирован к отделению инспекции №1;
- выполнять ручную зачистку (гриндировку) головы и хвоста;
- хранить рельсы на накопительном столе (максимум 4 рельса), они могут храниться или передаться подъемным краном на закалку;
- собирать и хранить рельсы длиной 100 м, если зона инспекционного стола 4В заполнена или выключена.

Формирование готового пакета рельс длиной 100 м производится в зоне накопления 4В, и зоне инспекционного стола 4А. Пакеты для погрузки на железнодорожную платформу формируются по 4 штуки подошвой вниз, подошвы плотно прилегают друг к другу как показано на рисунке 1.5. Затем при помощи трех секционного крана рельсы транспортируют на платформу

Согласно распоряжению ОАО «РЖД», от 23 августа 2011 года №1843р рельсы длиной 25 метров перед погрузкой на железнодорожную платформу для дальнейшей транспортировки укладываются ярусами, первый кладут подошвой вниз, подошвы должны плотно прилегать друг к другу. Последующий ярус расположен подошвами вверх (рис. 5).



Рис. 5. Формирование пакета рельс длиной 25 метров

Согласно технологической схеме участка отделки, рельс окончательная обработка и буферирование (накопление) готовой продукции производится на инспекционном столе №5. При этом пакеты рельс формируются в один ярус подошвой вниз. В дальнейшем рельс кантуется на боковую поверхность и при помощи магнитного крана укладывается в пакет, что значительно увеличивает время формирования пакета. Ввиду того, что имеющееся оборудование не предназначено для решения поставленной задачи необходимо модернизировать зону инспекционного стола 5, дополнительно установив кантующие магниты. Модернизация инспекционного стола позволит значительно сократить время формирования пакета перед погрузкой на железнодорожную платформу.

Кантовка – это переворачивание, груза из одного положения в другое специальными приспособлениями, механизмами, кранами. Ее выполняют при изменении операций в процессе монтажа конструкций, а также если необходимо поставить или уложить груз в требуемое положение: из транспортного в рабочее или наоборот. В зависимости от конкретных условий кантовку выполняют по-разному: вручную с помощью простейших приспособлений, грузоподъемными кранами и специальным кантовальным оборудованием.

Кантовку вручную выполняют с помощью лома (монтировки) и подкладок, для чего загнутую часть лома подводят под груз, приподнимают его и подкладывают брусок, затем переворачивают груз другим концом лома в требуемое положение. Профильный крупносортовый металл (уголок, швеллер,

двутавр и т. п.) и трубы можно кантовать с помощью специального инструмента, напоминающего гаечный ключ. Вручную, с помощью лома чаще всего кантуют единичные детали небольших габаритов, весом до 100 килограмм. Краны применяют по отношению к единичным деталям крупных габаритов. Груз переворачивается согласованными действиями механизмов крана: подъемом или опусканием крюка, ходом моста или тележки. Непосредственно переворачивание осуществляется движением моста или тележки.

В практике кантовки изделий серийного и массового производства применяют специальные кантователи и различные вспомогательные приспособления.

Кантователи подразделяют на пять основных типов. Среди них центровые поворачивающие изделие вокруг оси, которая проходит через изделие (за исключением цепных, кольцевых и роликовых; рычажные поворачивающие изделие вокруг оси, которая проходит вне изделия; цепные поворачивающие изделие вокруг оси, проходящей через изделие, с помощью гибкой тяги, на которую кладут изделие; кольцевые поворачивающие изделие вокруг оси, проходящей через изделие, с помощью разъемного кольца, охватывающего изделие; роликовые поворачивающие изделие вокруг оси, проходящей через изделие, с помощью вращающихся роликов, на которых лежит изделие.

В результате анализа существующих кантователей наиболее подходящим является центровой кантователь напольного исполнения с одной степенью свободы кантуемого изделия.

Рельсы, готовые к отгрузке, в количестве от 1 до 8 штук, магнитным краном укладываются на стеллаж загрузочный (роль которого выполняет инспекционный стол 5). При необходимости, подвижная тележка устройства, передающего выравнивает пачку рельсов по упорам на стеллаже. Со стеллажа загрузочного рельсы с помощью устройства переключивающего поштучно передаются на рольганг приемный и далее по рольгангу, подводящему до стационарного упора. Первый рельс, поступивший на участок пакетирования, устройством, пакетирующим укладывается на устройство для перемещения рельсов. Вторым рельс устанавливается на устройство для перемещения рельсов с определенным зазором к первому рельсу. Далее в процессе пакетировки, нечетные рельсы с помощью кантователя рельсов укладываются «головкой вниз» на первые два рельса. Созданный пакет устройством для перемещения рельсов передвигается на один шаг. Количество рельсов в пакете зависит от

типоразмера рельсов, необходимого количества рельсов в ряду и принятой схемой укладки пакетов на железнодорожные платформы. Далее сформированный пакет магнитным краном укладывается на платформу.

Работа системы предусматривается как в автоматическом режиме, так и в ручном. При этом на местном пульте управления визуализируется информация о работе системы с выдачей аварийных и предупредительных сигналов.

Предполагается, что участок для формирования пакета рельс будет состоять из следующих элементов. Функциональная схема участка пакетирования:

- 1) стеллаж загрузочный – предназначен для приема рельсов от 1 до 8 штук, укладываемых на него магнитным краном в положении «головкой вверх»;
- 2) устройство переключивающее – предназначено для поштучного приема рельса со стеллажа загрузочного и дальнейшей укладки на приемный рольганг;
- 3) рольганг приемный – предназначен для приема рельсов устройства, переключивающего и транспортировки их в зону пакетирования;
- 4) рольганг подводный – предназначен для приема рельсов с рольганга приемного и их дальнейшей транспортировки до стационарного упора;
- 5) кантователь рельсов – предназначен для кантовки рельса из положения «головка вверх» в положение «головка вниз» и укладки рельса в пакет;
- 6) устройство перемещения рельсов – предназначено для перемещения пакета рельсов до набора необходимого количества рельсов в пакете;
- 7) стеллаж готовой продукции;
- 8) упор стационарный – предназначен для остановки рельса в зоне пакетирования.

Для приводов перемещения всех механизмов используются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, входящие в состав моторредукторов. Для удержания рельсов во время их кантовки используются электроперманентные магниты, что позволяет удерживать рельс при отключении питания. Для ограничения хода механизмов применяют кодовые датчики, и при необходимости используют бесконтактные путевые выключатели – индуктивные сенсоры.

Питание двигателей регулируемых электроприводов участка, предназначенных для управления скоростью вращения роликов рольгангов и перемещения механизмов, кроме рольгангов – индивидуальное, а двигателей рольгангов групповое. Для индивидуальной защиты двигателей рольгангов используются автоматические выключатели.

Задачи АСУТП: сбор, обработка и хранение данных о ходе технологического процесса в режиме реального времени; измерение и поддержание в заданных пределах температуры, давления, расхода жидких и сыпучих веществ; управление технологическими линиями, транспортными маршрутами сырья и готовой продукции с применением алгоритмов оптимизации работы оборудования; управление внештатными ситуациями.

В программном пакете Master SCADA основными свойствами являются модульность, масштабируемость и объектный подход для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных [3].

Система предназначена для сбора, архивирования, отображения данных, а также для управления различными технологическими процессами. Таким образом, Master SCADA позволяет создавать единый комплексный проект автоматизации (SCADA-система и ПЛК (программируемый логический контроллер)). Вся система, включая все компьютеры и контроллеры, конфигурируется в едином проекте, в результате чего не требуется конфигурировать внутренние связи в системе.

SCADA КРУГ-2000 [8], успешно эксплуатируются на множестве предприятий по переработке нефти и газа, в энергетике, химической промышленности и многих других отраслях производства. Это пример модульной автоматизации, что позволяет использовать только те программные компоненты SCADA КРУГ-2000, которые необходимы для решения поставленных задач. БД (база данных) реального времени системы КРУГ2000 отделена от БД архивной информации, что ускоряет ее работу и, в случае необходимости, позволяет разделить места хранения информации.

Считается, что Modicon, один из брендов Schneider Electric, произвел первый ПЛК в США еще в 1968 г. Затем, в результате серии слияний и поглощений, в 1999 году возникла компания Schneider Electric.

Контроллер Modicon M580 ePAC является первым интегрированным контроллером высшего класса, разработанным для EcoStruxure™ Plant в открытой, гибкой, надежной, устойчивой, безопасной и защищенной

архитектуре. Он оснащен резервными и защитными контроллерами (аварийная защита на базе ПЛК SIL3) со встроенной поддержкой Ethernet и обеспечением кибербезопасности по умолчанию.

В технологических процессорах или процессорах обеспечения безопасности используется одна и та же платформа модулей ввода/вывода Modicon X80 и программное обеспечение EcoStructure Control Expert (ранее известное как Unity Pro) для программирования и конфигурации.

Масштабируемые ПЛК AC500, AC500-eCo, AC500-S и AC500-XC предлагают решения для малых, средних и высокопроизводительных приложений. Платформа ПЛК AC500 имеет возможности для решений высокой доступности, работы в экстремальных условиях, а также в условиях движения для мониторинга состояния и безопасности. Платформа ПЛК AC500 обеспечивается совместимостью аппаратного и программного обеспечения.

AC500 – ПЛК с широкими возможностями высокого спектра производительности и возможностей ввода-вывода для промышленных приложений для сложных, высокоскоростных машин и сетевых решений.

AC500-eCo наиболее компактный по размерам ПЛК с оптимальными гибкими и экономичными конфигурациями для решений автоматизации в небольших приложениях.

AC500-S – это ПЛК безопасности (SIL3, PL e), предназначен для обеспечения безопасности на производстве, в машинном оборудовании или в области автоматизации процессов. Идеальный выбор для внедрения и управления комплексными решениями в области безопасности.

AC500-XC вариант ПЛК для экстремальных условий на платформе AC500 с повышенной рабочей температурой, невосприимчивостью к вибрации и опасным газам, для использования на больших высотах и во влажной среде.

Автоматизация в современном производстве крайне актуальна, так как 80% всей продукции в промышленности серийная. Цель серийного производства снизить стоимость изготовления одной единицы продукта за счет масштаба. Но продукция выпускается ограниченными партиями. В этом случае появляется необходимость в гибкости производства, которая заключается в универсальном оборудовании и автоматизированной перестройке производства. Элементная база ПЛК, тип ЦПУ и периферийного оборудования, выбран с учетом уже имеющихся в цехе систем -Simatic CPU-300 и станции удаленного ввода/вывода

ET200SP. Общие принципы для создания автоматизированной системы определены РД 50-680-88 (руководящий документ по стандартизации).

Создание автоматизированной системы должно осуществляться на основе нескольких принципов. Это принцип системности, что определяет подход к исследуемому объекту как единому целому, между структурными элементами сохраняются многообразные типы связей, обеспечивающие целостность системы. Следующий принцип – принцип развития (открытости), где автоматизированная система должна создаваться с учетом возможности дальнейшего расширения и обновления без нарушения функционирования. Очень важный принцип совместимости, так, чтобы создаваемая система имела возможность взаимодействовать с другими системами в соответствии с установленными правилами. Обеспечение принципа стандартизации (унификации), которая заключается в том, что создаваемая система должна быть разработана на основе рационального применения типовых элементов, компонентов, комплексов, прикладных программ и проектных решений. Показательный принцип эффективности направлен на определение рационального соотношения затрат на созданную автоматизированную систему и конечный результат.

Система автоматического формирования пакета рельс будет реализована на унифицированных стандартных компонентах Siemens. Также возможна дальнейшая модернизация системы управления.

Создание автоматизированной системы разделяется на упорядоченные по времени, взаимосвязанные стадии и этапы работ.

Стадии и этапы создания автоматизированной системы устанавливает состав, содержание правила оформления документа «Техническое задание на создание (развитие или модернизацию) системы» [10, 11].

Рассмотренные нами системы автоматизированного управления техническими процессами позволяют выбрать аналоги или разработать собственное программное обеспечение. Это: современная система пакетирования с модернизацией инспекционного стола, позволяющей значительно сократить время формирования пакета перед погрузкой на железнодорожную платформу, кантирование с использованием центральной кантователь напольного исполнения с одной степенью свободы кантуемого изделия, снабжаемые АСУТП на унифицированных стандартных компонентах Siemens в современной модернизации.

Автоматизация производства может быть осуществлена одним из следующих вариантов: частичная; комплексная; полная.

При частичной автоматизации изменениям подвергается часть оборудования, выполняющие недоступные или сложные для человека действия. В настоящее время процесс управления моталками осуществляется в ручном режиме. Для автоматизации данного процесса предлагается использовать информацию по положению механизмов из существующей электрической схемы моталок (параллельное подключение к сигналам). Система автоматической настройки скоростных режимов моталок устанавливается параллельно существующим системам (выбор источника управления производится с АРМ оператора или переключателя).

Проектируемое пакетирующее устройство предназначается для получения пакета из требуемого количества рельс с переменным их расположением в пакете. Готовые пакеты предполагается транспортировать при помощи имеющегося магнитного крана. Simatic CPU-300 и станции удаленного ввода/вывода ET200SP, а также преобразователи частоты ACS800-04 уже используются на предприятии, что позволяет унифицировать оборудование. Возможна дальнейшая модернизация системы с использованием элементной базы данных систем. Данные решения позволят достичь цели автоматизации: повысить скорость формирования пакета; повысить надежность всей системы.

Таким образом, представленная модель замены ручного труда машинным, для повышения эффективности работы участка и увеличения качества отгружаемой продукции на примере организации работы прокатного цеха №3 на ПАО ЧМК и проект автоматизации управления пакетирующим оборудованием изготавливаемых рельс, является необходимостью в современной организации высокоэффективного производства и модернизации железных дорог.

Список используемых источников

1. Citect SCADA. Архив 2004-2013. [Электронный ресурс]: [http://www.rtsoft.ru/search/?q=Citect SCADA&PAGEN_1=2](http://www.rtsoft.ru/search/?q=Citect%20SCADA&PAGEN_1=2). (дата обращения 20.12.2023).
2. IGSS. Официальный сайт, 2013. [Электронный ресурс]: <http://www.igseis.com/ru/home>. (дата обращения 20.12.2023).
3. Proficy HMI/SCADA – SIMPLICITY. GE Fanuc Automation. [Электронный ресурс]: <http://www.technolink.net.ua/docs/Proficy%20HMI%20S>

CADA%20SIMPLICITY%20CS%20RU.pdf. (дата обращения 20.12.2023).

4. SCADA S3. Сайт asu-tp.org. [Электронный ресурс]: <http://www.asu-tp.org>. (дата обращения 20.12.2023).

5. SCADA КРУГ-2000. Официальный сайт НПФ «КРУГ» 2002-2014. [Электронный ресурс]: <http://www.krug2000.ru/about.html>. (дата обращения 20.12.2023).

6. SCADA система Master SCADA. Официальный сайт. [Электронный ресурс]: <http://www.masterscada.ru>. (дата обращения 20.12.2023).

7. SIMATIC WinCC. Официальный сайт Siemens AG 1996-2014. [Электронный ресурс]: <http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machineinterface/en/visualization-software/scada/Pages/Default.aspx> (дата обращения 20.12.2023).

8. TRACE MODER. Официальный сайт. [Электронный ресурс]: <http://www.adastra.ru>. (дата обращения 20.12.2023).

9. Богодухов, С.И. Технологические процессы в машиностроении: учебник для вузов. [Электронный ресурс] / С.И. Богодухов, Е.В. Бондаренко, А.Г. Схиртладзе, Р.М. Сулейманов. Электрон, дан. М.: Машиностроение, 2009.

10. ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы: дата введения 1992-01-01. Москва: Стандартинформ, 2009. 6 с.

11. ГОСТ 34.602-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.: дата введения 1990-01-01. Москва: Стандартинформ, 2009. 12 с.

12. Зотов В.Ф. Производство проката М.: Интернет Инжиниринг, 2000. 352 с.

13. ИнТач. Официальный сайт ИнТач2005-2014. URL: <http://www.intouch.ru>. (дата обращения 20.12.2023).

14. Полухин П.И., Федосов Н.М., Королев А.А., Матвеев Ю.М. / М.: Прокатное производство: Metallurgy, 1968, 2-е изд., 676 с.

15. Храменков, В.Г. Автоматизация управления технологическими процессами прокатного производства: учебное пособие. [Электронный ресурс]: учеб. пособие Электрон. дан. Томск: ТПУ, 2012. 416 с. (дата обращения 20.12.2023).

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БОРЬБЫ С НЕФТЯНЫМИ РАЗЛИВАМИ: ПРИМЕНЕНИЕ СОВОКУПНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ И ЛИКВИДАЦИЕЙ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

Егорова К.В. – аспирант, Государственный университет морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова, Санкт-Петербург

Аннотация

Данная статья рассматривает применение беспилотных летательных аппаратов в составе автоматизированной системы управления идентификацией и ликвидацией разливов нефти с целью повышения эффективности борьбы с такими экологическими катастрофами. В работе проведен обзор существующих методов борьбы с нефтяными разливами, представлен анализ преимуществ и недостатков традиционных подходов, а также рассмотрены возможности и преимущества применения БПЛА.

Нефтяные разливы представляют серьезную экологическую угрозу, способную нанести значительный ущерб окружающей среде и человеческому здоровью. Постоянный риск протекания и разлива нефти требует эффективных методов борьбы и оперативной ликвидации разливов для минимизации негативных последствий.

Однако традиционные методы борьбы с нефтяными разливами имеют свои ограничения и недостатки. Они обычно требуют значительных ресурсов в виде времени и персонала, а также ограничены в пространственном охвате и точности идентификации разлива. В связи с этим возникает необходимость в использовании новых технологий и инструментов для повышения эффективности борьбы с нефтяными разливами.

В последние годы наблюдается стремительное развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и автоматизированных систем управления. БПЛА предоставляют возможность проведения оперативного мониторинга, обнаружения и идентификации разлива нефти на значительных территориях с высокой точностью. Кроме того, они могут быть использованы для принятия оперативных мер по ликвидации разлива и минимизации его воздействия.

Целью данной статьи является рассмотрение применения совокупности беспилотных летательных аппаратов в составе автоматизированной системы управления идентификацией и ликвидацией разливов нефти. В работе будет

проведен обзор существующих методов борьбы с нефтяными разливами, представлен анализ преимуществ и недостатков традиционных подходов, а также рассмотрены возможности и преимущества применения БПЛА. Кроме того, будет представлена концепция автоматизированной системы управления, объединяющей различные типы БПЛА и обеспечивающей оперативное реагирование на разливы нефти.

Ожидается, что данное исследование способствует повышению эффективности борьбы с нефтяными разливами и содействует охране окружающей среды и общественной безопасности. В конечном итоге, применение совокупности беспилотных летательных аппаратов в составе автоматизированной системы управления идентификацией и ликвидацией разливов нефти может выступить важным инструментом для минимизации негативных последствий нефтяных разливов и обеспечения устойчивого развития нефтегазовой отрасли.

Нефтяные разливы являются серьезной угрозой для окружающей среды и здоровья человека. Они могут привести к загрязнению водных и наземных экосистем, смерти морской и наземной фауны, а также оказывать вредное воздействие на человека. Поэтому борьба с нефтяными разливами имеет важное значение для минимизации негативных последствий.

Существует несколько методов борьбы с нефтяными разливами, которые могут быть применены в различных ситуациях. Рассмотрим некоторые из них:

1. Физико-химическая обработка.

Этот метод включает использование различных химических веществ и физических процессов для удаления нефти из окружающей среды. Например, диспергенты могут использоваться для разбивки нефти на мельчайшие частицы, что улучшает ее разбавление и вымывание. Также применяются методы флотации, сорбции и окисления для удаления нефти со скалистых поверхностей или из водных масс.

2. Механическое сбор и удаление.

Этот метод включает использование механических устройств, таких как скиммеры и сорбенты, для сбора и удаления нефти из окружающей среды. Скиммеры могут использоваться для отделения нефти от воды, а сорбенты – для поглощения нефти с поверхности воды или с суши.

3. Биологическая обработка.

Этот метод основан на использовании биологических организмов для разложения нефти и очистки загрязненных участков. Биоремедиация, анаэробные и аэробные процессы, а также использование бактерий и грибов – некоторые из подходов, применяемых в биологической обработке нефтяных разливов.

4. Термическая обработка.

При использовании этого метода разливы нефти подвергаются нагреванию, что способствует испарению и разложению нефтяных углеводородов. Такие методы как паровая инжекция, термический разложение и горение можно применять для эффективной ликвидации разлива.

5. Инженерные сооружения.

В случае больших разливов нефти могут быть использованы различные инженерные сооружения, такие как дамбы, плотины или каналы. Они служат для предотвращения распространения и сдерживания нефти, позволяя провести более эффективную борьбу.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и ограничения и может быть применен в зависимости от конкретной ситуации и характеристик разлива. Однако важно понимать, что нефтяные разливы требуют комплексного подхода, который включает в себя сочетание различных методов и технологий для достижения максимально эффективных результатов.

Применение БПЛА в борьбе с нефтяными разливами становится все более распространенным и эффективным подходом. БПЛА, также известные как дроны, предоставляют возможность проведения оперативных и точных мониторинговых и спасательных операций на загрязненных участках.

Одно из главных преимуществ использования БПЛА в борьбе с нефтяными разливами – это возможность получать информацию о местоположении, размерах и направлении разлива в режиме реального времени. БПЛА оснащены камерами и сенсорами, которые позволяют выполнять аэрофотосъемку и собирать данные о разливах. Эти данные помогают в оценке масштаба проблемы, планировании и координации дальнейших действий.

БПЛА также могут использоваться для контроля эффективности применяемых методов борьбы с разливом. Они могут выполнять мониторинг загрязненных участков и проверять эффективность применяемых методов очистки. Это позволяет оперативно корректировать стратегии борьбы и выбирать наиболее эффективные решения в режиме реального времени.

Беспилотные летательные аппараты могут быть также использованы для доставки оборудования и материалов на место разлива, особенно в труднодоступных или опасных районах. Они способны доставлять необходимые ресурсы быстро и безопасно, минимизируя риски для людей.

БПЛА помогают оптимизировать процессы борьбы с нефтяными разливами и повышают эффективность действий спасателей и экологов. Они позволяют быстро реагировать на чрезвычайные ситуации, мониторить и контролировать разливы на больших территориях и принимать обоснованные решения на основе точных данных. Кроме того, использование БПЛА снижает риски для человеческой жизни, так как операторы дронов могут управлять ими из безопасного места, не подвергая себя опасности.

Автоматизированная система управления идентификацией и ликвидацией разливов нефти является (далее – АСУ) инновационным решением, предназначенным для эффективного контроля и управления ситуациями, связанными с разливами нефти. Она основана на использовании передовых технологий и компонентов, которые обеспечивают точные и быстрые процессы идентификации разлива, а также эффективную ликвидацию утечки нефти.

Основные компоненты АСУ включают в себя (рис. 1):

1. Сенсорная сеть;
2. Центральная система;
3. Интеллектуальные алгоритмы;
4. Автоматические системы ликвидации.



Рис. 1. Основные компоненты автоматизированной системы управления идентификацией и ликвидацией разливов нефти

Принцип работы и функциональность АСУ основаны на непрерывном мониторинге и своевременной реакции на разлив. АСУ автоматически обнаруживает разлив и передает информацию в центральную систему для анализа и принятия решений. Затем АСУ определяет оптимальную стратегию ликвидации и активирует соответствующие механизмы и устройства для эффективной борьбы с разливом.

АСУ обладает рядом возможностей и преимуществ:

1. Благодаря непрерывному мониторингу и анализу данных, система обеспечивает быструю реакцию на разлив, что позволяет минимизировать его последствия и уменьшить вред для окружающей среды.
2. Использование передовых сенсоров и алгоритмов обеспечивает точную идентификацию разлива, что позволяет оперативно принимать срочные меры по его ликвидации.
3. Автоматическое определение оптимальной стратегии ликвидации позволяет эффективно использовать ресурсы и минимизировать затраты, связанные с борьбой с разливом.

4. АСУ позволяет уменьшить риски для работников, так как основная часть операций выполняется автоматически, без прямого взаимодействия людей с опасными веществами.

В целом автоматизированная система управления идентификацией и ликвидацией разливов нефти является мощным инструментом для борьбы с экологическими чрезвычайными ситуациями. Она обеспечивает быструю и эффективную реакцию на разливы и помогает минимизировать их последствия, способствуя сохранению окружающей среды и безопасности людей.

Рассмотрим несколько практических примеров успешного применения совокупности БПЛА в составе АСУ:

На Сызранском нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) Роснефти успешно внедрена система управления разливами нефти с применением БПЛА [1]. Благодаря этому удалось значительно повысить эффективность мониторинга и реагирования на разливы. БПЛА осуществляют регулярные проверки состояния трубопроводов и хранилищ, и в случае обнаружения разлива моментально передают информацию в центральную систему. Это позволяет оперативно принимать меры по предотвращению распространения разлива и его ликвидации.

Воздушные комплексы мониторинга основаны на БПЛА типа самолета с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Максимальная взлетная масса такого аппарата составляет 10,5 кг, размах крыла достигает 2,8 метра, а продолжительность полета превышает 4 часа. Более того, устойчивая видеосвязь обеспечивается на расстоянии свыше 75 км.

На БПЛА установлены различные средства наблюдения, такие как дистанционный лазерный сканер и оборудование для фото-, видео- и тепловизионной съемки, обладающее высокой степенью детализации.

Важной особенностью систем мониторинга является их способность к автоматической обработке данных с помощью искусственной нейронной сети. Эта самообучающаяся система значительно снижает роль человеческого фактора при интерпретации видео и фотоматериалов, а также повышает скорость их обработки. Таким образом, системы мониторинга становятся более эффективными и оперативными в предоставлении информации о наблюдаемых объектах.

На базе дочернего предприятия Газпром нефти, Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз успешно прошли полевые испытания новейшей системы

мониторинга объектов, созданной компанией ZALA AERO GROUP, входящей в концерн Калашников (рис.2) [2]. Была подтверждена работоспособность комплекса в зимних условиях при температуре до $-48\text{ }^{\circ}\text{C}$ и порывах ветра до 15 м/сек.

Система мониторинга предусматривает использование многофункциональных БПЛА и специально созданного ПО. БПЛА выполняет аэрофото- и видеосъемку местности и в режиме реального времени загружает информацию на сервер. Трансляция в интернет через 3G-сети позволяет авторизованным пользователям оперативно отслеживать данные, получаемые с БПЛА, с помощью мобильных устройств или стационарных компьютеров.

Программное обеспечение, основанное на нейронной сети, способно самостоятельно обрабатывать полученную информацию и распознавать различные виды объектов. При этом процесс дешифрования протекает с высокой скоростью - на обработку одного изображения уходит не более 3 секунд. Кроме того, система дает возможность проводить лазерное сканирование территории, получая одновременно информацию об объектах и рельефе. Благодаря высокому качеству изображения можно создавать трехмерную модель местности практически с 100-процентной точностью. Также с помощью данной технологии можно отслеживать геодинамические изменения поверхности.



Рис.2. Летательный аппарат производства ZALA AERO GROUP

В 2014 г. предприятие приняло в эксплуатацию свой первый БПЛА (рис.3). С тех пор БПЛА данного типа успешно трудились над месторождениями

Ноябрьскнефтегаза, преодолевая путь протяженностью более 500 тысяч километров.



Рис.3. Летательный аппарат ChelPiper-75

Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз располагает одной из самых протяженных систем трубопроводного транспорта в отрасли, превышающей 7 тысяч километров. В связи с этим предприятие ставит задачу обеспечения непрерывного и оперативного мониторинга трубопроводов. Применение искусственного интеллекта позволяет значительно повысить качество обработки информации и минимизировать роль человеческого фактора.

Эти практические примеры демонстрируют эффективное использование БПЛА в составе автоматизированной системы управления идентификацией и ликвидацией разливов нефти. Они позволяют значительно повысить эффективность мониторинга, анализа и реагирования на разливы, что способствует улучшению экологической безопасности и снижению вредного воздействия на окружающую среду.

Сравнение эффективности предложенной АСУ с традиционными методами является важным шагом для оценки преимуществ и недостатков нового подхода. Давайте рассмотрим этот вопрос более подробно.

Одним из основных преимуществ предложенной АСУ является возможность осуществления обзора и инспекции трубопроводов с воздуха. Это позволяет обнаруживать нештатные ситуации, такие как утечки или повреждения, в труднодоступных или удаленных местах, которые трудно обнаружить с помощью традиционных методов.

Традиционные методы мониторинга, такие как визуальные инспекции или ручные проверки, часто требуют значительных затрат времени и ресурсов. Они могут быть трудоемкими, малоэффективными и не всегда способны обнаруживать скрытые дефекты. В то же время, беспилотные летательные аппараты могут быстро и эффективно пролететь над трассой и осуществить детальный обзор состояния трубопроводов, что значительно повышает эффективность и точность мониторинга.

Еще одним преимуществом новой системы является возможность использования инновационного программного обеспечения для обработки и анализа данных, собранных с беспилотных летательных аппаратов. Это позволяет проводить автоматическую обработку изображений и видео, выявлять аномалии и выделять потенциально опасные участки трассы трубопровода. Такой подход значительно упрощает и ускоряет процесс анализа данных по сравнению с традиционными методами ручного и визуального анализа.

Однако необходимо отметить, что предложенная система мониторинга с БПЛА не может полностью заменить традиционные методы. Она может служить дополнительным инструментом, который повышает эффективность мониторинга, но требует сочетания с другими подходами. Например, после обнаружения нештатной ситуации с помощью БПЛА, может потребоваться дополнительная проверка и диагностика с использованием традиционных методов.

В целом предложенная АСУ с БПЛА и инновационным ПО имеет значительное преимущество по сравнению с традиционными методами в терминах эффективности и точности обнаружения нештатных ситуаций. Однако требуется более детальное исследование и сравнение, чтобы полностью оценить преимущества и возможные ограничения этой системы.

Подведение итогов исследования и высказывание выводов и рекомендаций по использованию совокупности БПЛА в автоматизированной системе управления идентификацией и ликвидацией разливов нефти очень важны для

определения эффективности данного подхода. Давайте рассмотрим основные результаты и сделаем соответствующие выводы и рекомендации.

В ходе исследования было установлено, что применение совокупности БПЛА в составе АСУ является эффективным решением. БПЛА способны быстро и точно обнаруживать разливы нефти, а также предоставлять операторам полезные данные для принятия решений по ликвидации разлива.

Одной из основных преимуществ совокупности БПЛА является возможность доставки датчиков и оборудования непосредственно на место разлива нефти. Это позволяет оперативно получать информацию о состоянии разлива и принимать меры по его ликвидации. БПЛА также обладают способностью работать в сложных и опасных условиях, где доступ людей ограничен или невозможен.

Кроме того, АСУ, основанная на совокупности БПЛА, способствует сокращению времени реакции на разлив и эффективной координации действий различных служб. Подобная система позволяет оперативно информировать экстренные службы, а также обеспечивает сбор и анализ данных о разливе для последующего использования в улучшении мер по его предотвращению и ликвидации в будущем.

Однако необходимо учитывать и некоторые ограничения данной технологии. Важно обеспечить надежность и безопасность БПЛА, а также развить системы обработки и анализа данных, чтобы улучшить точность обнаружения и идентификации разлива нефти. Также важно провести дополнительные исследования по оптимизации работы такой системы, включая разработку алгоритмов управления и координации действий БПЛА.

В итоге применение совокупности БПЛА в составе АСУ является перспективным и эффективным подходом. Технология имеет значительный потенциал для сокращения времени реакции на разливы и улучшения координации действий при ликвидации разлива. Рекомендуется проведение дальнейших исследований и разработка практических решений для масштабной реализации данной системы в условиях реальных нефтяных разливов.

Список используемых источников

1. В Ноябрьскнефтегазе протестировали новейшую отечественную систему мониторинга объектов // Российские Беспилотники URL: https://russiandrone.ru/news/v_noyabrskneftegaze_protестиrovali_noveyshuyu_oteche

stvennyuyu_sistemu_monitoringa_obektov/?sphrase_id=23735 (дата обращения: 29.12. 2023).

2. Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз внедряет искусственный интеллект для мониторинга трубопроводов с помощью дронов // Neftegaz.RU URL: <https://neftegaz.ru/news/companies/689385-gazpromneft-noyabrskneftegaz-%20vnedryaet-iskusstvennyu-intellekt-dlya-monitoringa-truboprovodov-s-pomo/> (дата обращения: 29.12.2023).

3. Егорова К.В., Соколов С.С., Кныш Т.П. Совокупность аппаратно-программных требований к беспилотным летательным аппаратам, используемых при автоматизированной идентификации разливов нефти // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 12. С. 509-515.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАСЧЁТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Калинин В.А. – студент, Уральский федеральный университет, Нижнетагильский технологический институт (филиал) УрФУ

Исаков Д.В. – кандидат технических наук, доцент, Уральский федеральный университет, Нижнетагильский технологический институт (филиал) УрФУ

Аннотация

В статье приведён способ определения рациональных маршрутов на основе анализа распределения токов по ветвям эквивалентной схемы замещения транспортной сети. Авторы демонстрируют аналогию видов дорожной топологии и электрической схемы, сравнивая параметры первой со второй. В статье показан пример расчёта маршрута для фрагмента дорожной сети города Нижний Тагил. Подчёркивается работоспособность метода путём сравнения полученных результатов и выдаваемых маршрутов в различных навигаторах.

На сегодняшний день процесс оптимизации транспортных маршрутов – задача актуальная. Перед началом движения к своей цели водителю важно знать актуальную информацию о состоянии дороги, наличии пробок и кратчайших путях до конечной точки маршрута. Уже существует достаточное количество приложений и онлайн-ресурсов для отслеживания таких данных, улучшения качества поездок и выбора наилучшего пути [3-9]. Работа подобных систем

происходит по одному принципу: у любого навигатора на своём сервере находится база знаний, в которой отображается главная информация о дорогах, дорожные знаки, скоростные режимы и т. д., а водители, пользующиеся приложениями навигации, активируют систему GPS на своих устройствах и с её помощью передают свои координаты, скорость и направление движения; далее эти данные, отображаясь на электронной схеме города, создают общую картину, происходящую на дороге, и затем, анализируя всё это с помощью специальных алгоритмов (чаще всего применяют алгоритм Дейкстры), программа выбирает оптимальный путь и передаёт эту информацию водителю. Популярные алгоритмы:

- алгоритм Дейкстры. С помощью него можно найти кратчайший путь из конкретной вершины графа до любой другой [3-9];
- алгоритм Флойда – Уоршелла. Обеспечивает нахождение самых коротких путей между всеми парами узлов. Поиск происходит во взвешенном ориентированном или неориентированном графе [3];
- алгоритм поиска A* (A-star). Применяется для нахождения кратчайшего пути от начальной точки к конечной в сетке или графе, используя эвристическую функцию для оценки оставшегося расстояния до целевой вершины [3];
- алгоритм Беллмана – Форда. Отличие от алгоритма Дейкстры в расчёте при взвешенном графе, в котором вес рёбер может быть отрицательным [3].

Дорожная топология по виду аналогична электрической цепи. Дорожную карту можно исследовать методами анализа электрических цепей.

В настоящее время в электротехнике используются практичные и легко автоматизируемые методы анализа электрических цепей. Некоторые из них можно применить в системах навигации для выбора рационального маршрута. Для этого следует выделить основные задачи:

- 1) преобразование структуры транспортной сети в структуру электрической сети;
- 2) связь параметров дорожной сети с параметрами электрической цепи;
- 3) составление параметров отбора рационального маршрута;
- 4) автоматизация расчётов.

Для решения первой задачи предлагается перекрёстки на дорожной карте свести к узлам электрической схемы, а участки дорог между перекрёстками к ветвям электрической цепи.

Решение второй задачи заключается в следующем: базовое значение активного сопротивления R будет зависеть от доступной ширины проезжей части (одно-, двух-, трёх- полосная дорога), её длины, количества автомобилей на дороге и их средней скорости; дополнительные сопротивления $R_{доп}$ будут определяться наличием светофоров, аварий, ремонтов. В цепи необходимо наличие одного источника ЭДС E , с небольшим внутренним сопротивлением r , который будет задаваться постоянной величиной и прикладываться между началом (плюсом) и концом (минусом) маршрута, а ток I станет эквивалентом пропускной способности на конкретном участке дороги.

Активное сопротивление участка дороги определяется выражением:

$$R = R_{уд} * \frac{l}{s} * K_з, \quad (1)$$

где $R_{уд}$ - удельное сопротивление одной полосы движения единичной длины (принимается постоянной величиной), l – протяженность участка транспортной сети, s – количество полос движения на конкретном участке дороги по заданному маршруту; в динамическом режиме вводится переменная, которая позволяет вести учёт интенсивности движения на любом участке - коэффициент заполненности дороги $K_з$:

$$K_з = \frac{\Sigma v + v_{доп} * K_н}{n * K_{си} + K_н}, \quad (2)$$

где Σv – сумма скоростей движения автомобилей, n – количество автомобилей, $K_{си}$ – коэффициент среднего использования навигаторов, $K_н$ – коэффициент нормализации, $v_{доп}$ – предельно допустимая скорость движения на данном участке.

Переменным Σv и n присваиваются значения для определенного момента времени на конкретном участке дороги. Коэффициент $K_{си}$ изменяется в зависимости от региона. Переменная $K_н$ добавлена для учёта обстоятельств, когда на анализируемом участке транспортной сети отсутствуют водители, использующие навигатор в данный момент времени.

Критерии выбора оптимального пути:

– приоритет выбора для каждого участка отдаётся тому, у которого ток имеет наибольшее значение;

– приоритет выбора маршрута отдаётся тому пути, у которого средний ток всех его участков имеет наибольшее значение.

Расчёт такой электрической цепи удобно проводить методом узловых напряжений [1, 2], так как в этом методе для расчета токов по ветвям и напряжений между узлами достаточно задать только одну узловую матрицу, которую легко получить по известной топологии дорожной сети.

Порядок определения рационального маршрута:

1. Составляется:
 - 1.1. Электрическая схема замещения на основе анализа параметров транспортной сети.
 - 1.2. Дерево графа данной схемы замещения.
 - 1.3. Узловая матрица.
 - 1.4. Диагональная матрица проводимостей.
 - 1.5. Матрица ЭДС.
2. Определяются:
 - 2.1. Напряжения между узлами.
 - 2.2. Токи в ветвях.
3. По критериям определяется рациональный путь.

Действие метода можно рассмотреть на конкретном примере (рис. 1): начало маршрута - г. Нижний Тагил, ул. Циолковского 34, конец маршрута – г. Нижний Тагил, пр. Ленина 22.

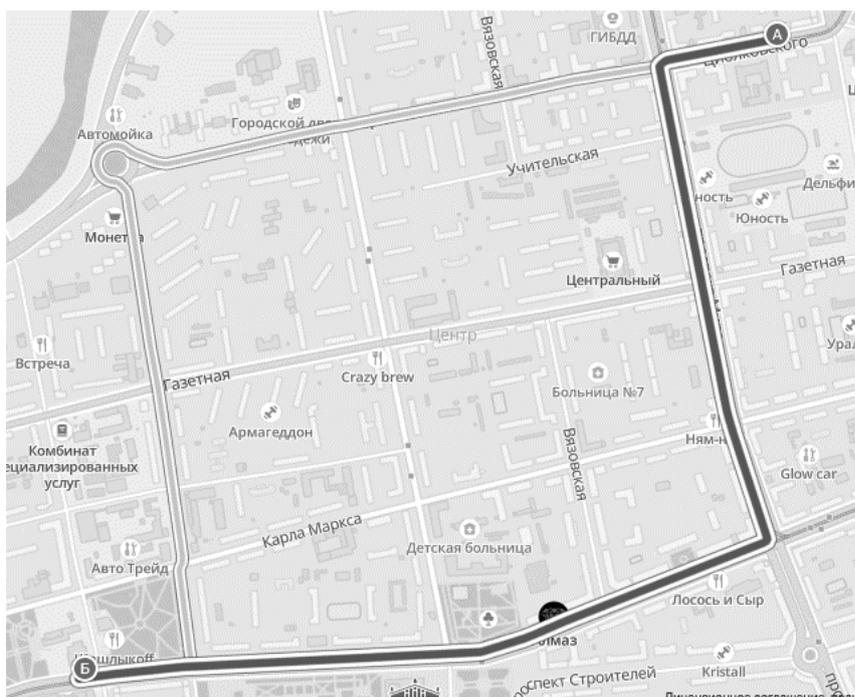


Рис.1. Начальная и конечная точки маршрута в навигаторе 2ГИС

Рассматривается статический режим, без учёта движения автомобилей (коэффициент $K_{сн}$ принимается равным 1 для упрощения расчёта). Для каждого участка дороги задаётся удельное сопротивление одной полосы движения в данном направлении, длина, ширина полос движения принимается равной 1, учитывается наличие светофоров. Направление токов в ветвях задаётся от начала маршрута (плюса) к концу маршрута (минусу). Составляется соответствующая схема замещения транспортной сети (рис. 2).

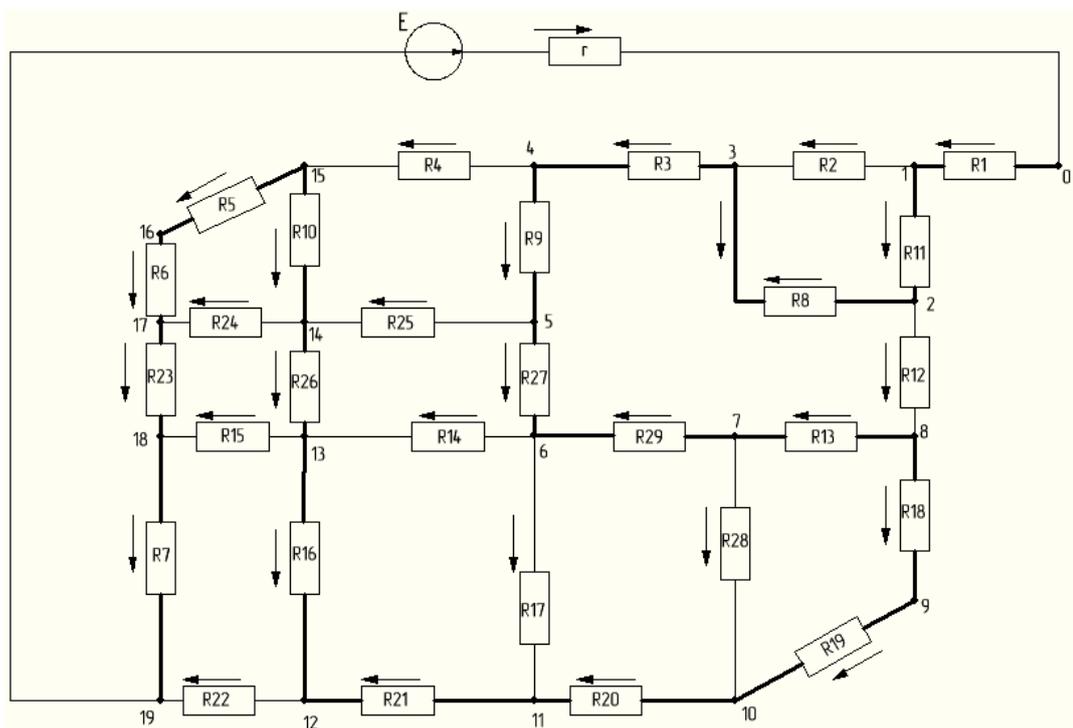


Рис.2. Электрическая схема замещения для фрагмента дорожной сети

На электрической схеме замещения (рис. 2) ветви, обозначенные утолщенными линиями, образуют дерево графа схемы. Нумерация узлов схемы начинается с 0 и заканчивается номером 19.

Активные сопротивления ветвей (таб. 1) находятся с помощью выражений (1) и (2). Расстояния участков между перекрестками и разветвлениями улиц определены с помощью приложения 2ГИС.

Активные сопротивления ветвей электрической схемы замещения
дорожной сети

№	Руд, Ом/м	l , м	$R_{св}$, Ом	s
0	1	1	0	1
1	0,01	150	1,2	2
2	0,01	300	0	1
3	0,01	300	1,2	2
4	0,01	600	0	2
5	0,01	200	1,2	2
6	0,01	500	2,4	1
7	0,01	300	1,2	1
8	0,01	450	0	1
9	0,01	600	1,2	2
10	0,01	350	1,2	1
11	0,01	150	1,2	3
12	0,01	500	0	3
13	0,01	300	1,2	1
14	0,01	450	1,2	2
15	0,01	200	1,2	1
16	0,01	200	1,2	2
17	0,01	300	1,2	1
18	0,01	250	1,2	2
19	0,01	300	1,2	2
20	0,01	300	1,2	2
21	0,01	500	1,2	2
22	0,01	150	1,2	2
23	0,01	150	1,2	1
24	0,01	200	1,2	2
25	0,01	450	0	1
26	0,01	150	1,2	1
27	0,01	100	1,2	2
28	0,01	250	1,2	2
29	0,01	300	1,2	1

где $R_{св}$ – сопротивление ветви, определяющееся наличием светофора на участке дороги. Так как анализируется статический режим, без учёта передвижения транспортных средств, то в целях упрощения расчёта значение переменной s для каждого участка схемы принято равным единице.

Далее составляется узловая матрица A для 19 узлов (0–18) и 30 ветвей (29 ветвей, соответствующих топологии дорожной сети, и одна ветвь (номер 0) с источником ЭДС, подключаемая к узлам начала (+) и конца (-) маршрута). Данная матрица учитывает направления токов в каждой ветви схемы (рис. 3):

	0
0	-923.518
1	-717.017
2	-614.726
3	-601.228
4	-426.526
5	-290.143
6	-279.172
7	-350.363
8	-440.295
9	-390.442
10	-333.852
11	-258.52
12	-116.829
13	-182.163
14	-227.342
15	-290.605
16	-261.186
17	-193.156
18	-139.49

$U_0 :=$

	0
0	-923.518
1	206.501
2	115.789
3	174.702
4	135.921
5	29.419
6	68.03
7	139.49
8	13.498
9	136.384
10	63.263
11	102.291
12	174.431
13	89.932
14	97.01
15	...

$U :=$

	0
0	76.482
1	76.482
2	38.596
3	41.596
4	22.654
5	9.193
6	9.193
7	33.212
8	2.999
9	18.942
10	13.46
11	37.886
12	34.886
13	21.412
14	17.019
15	...

$I :=$

Выбраны и рассчитаны 5 вариантов пути до конечной точки прибытия (рис. 5):

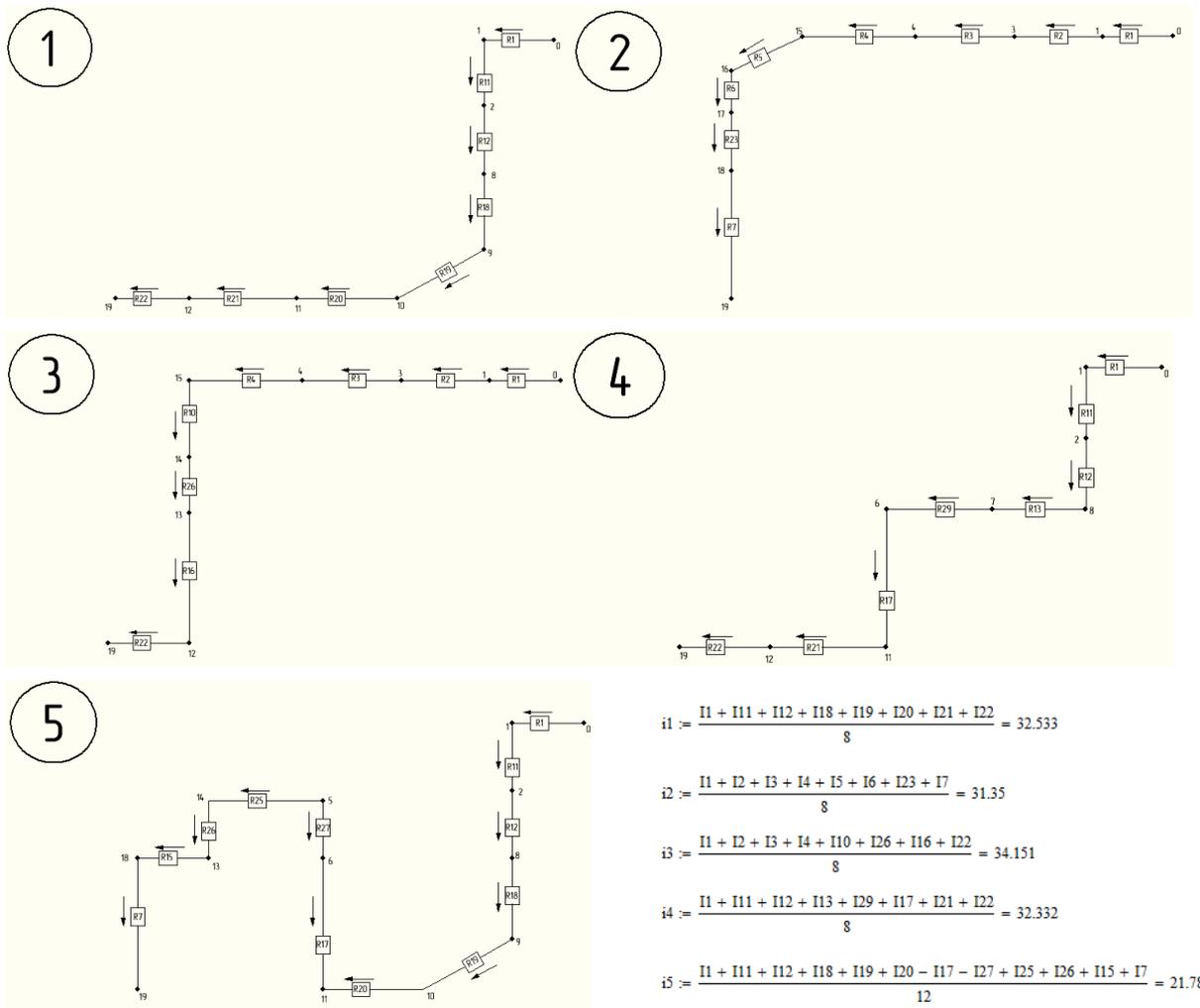


Рис.5. Рассчитанные варианты пути и значения токов в них

На основе рассчитанных токов выбирается оптимальный маршрут. Критерием выбора является величина среднего тока для выбранного пути.

Из полученных токов видно, что путь 3 имеет наибольшую пропускную способность, а путь 5 – наименьшую. Третий, первый и четвертый пути наиболее приемлемы.

Приведены варианты маршрутов, которые выдают навигаторы (рис. 6):

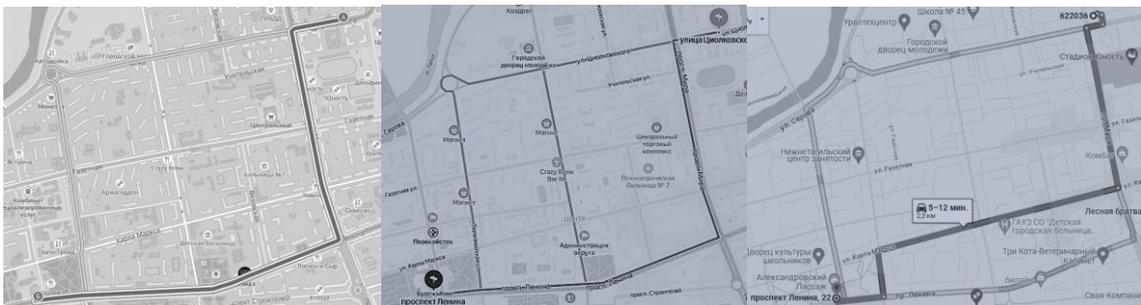


Рис.6. Результаты навигаторов

Оптимальные маршруты, полученные путём анализа дорожной ситуации, основанном на методе расчёта электрических цепей, совпадают с маршрутами, которые выдают навигаторы (слева направо) 2ГИС, Яндекс.Карты, Гугл.Карты, что ещё раз доказывает работоспособность метода и достоверность результатов.

Список используемых источников

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. 12-е изд., исправ. и доп. М. : Издательство Юрайт, 2016. 701 с. Серия: Бакалавр. Углубленный курс.
2. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 1. 4-е изд. / К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин. СПб.: Питер, 2003.463с.
3. Алгоритм оптимизации маршрутов патрулирования с использованием сервиса онлайн карт. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithm-optimizatsii-marshrutov-patrulirovaniya-s-ispolzovaniem-servisa-onlayn-kart> (дата обращения: 30.11.2023).
4. О математическом моделировании дорожной сети. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-matematicheskom-modelirovanii-dorozhnoy-seti> (дата обращения: 30.11.2023).
5. Оптимизация маршрутов на дорожной сети. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-marshrutov-na-dorozhnoy-seti> (дата обращения: 30.11.2023).
6. Оптимизация маршрутов проезда между предприятиями связи. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-marshrutov-proezda-mezhdu-predpriyatiyami-svyazi> (дата обращения: 30.11.2023).
7. Разработка модели сети дорог с параметрами для прокладки кратчайшего пути по алгоритму Дейкстры. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-modeli-seti-dorog-s-parametrami-dlya-prokladki-kratchayshego-puti-po-algoritmu-deykstry> (дата обращения: 30.11.2023).
8. Рекурсивный метод оптимизации логистических путей средствами MatLab. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekursivnyy-metod-optimizatsii-logisticheskikh-putej-sredstvami-matlab> (дата обращения: 30.11.2023).

9. Сравнение качества результатов алгоритма «a star» и его модификации для дорожной сети при выборе маршрута с учетом направления движения на перекрестке. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-kachestva-rezultatov-algoritma-a-star-i-ego-modifikatsii-dlya-dorozhnoy-seti-pri-vybore-marshruta-s-uchetom-napravleniya> (дата обращения: 30.11.2023).

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ УРОЖАЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В ОСЕННИЙ ЦИКЛ РАБОТ

Качурин В.В. - к.т.н., доцент кафедры «Техника и технологии», «Южно-Уральский технологический университет», начальник научного отдела АО «Птицефабрика Челябинская»

Жолобов П.П. – заместитель генерального директора по операционной эффективности АО «Птицефабрика Челябинская»

Аннотация

В статье проводится анализ потерь урожая зерноуборочных комбайнов. На современной зерноуборочной технике отсутствует надежная система контроля потерь зерна. Поэтому было предложено провести анализ потерь зерна с помощью комплексного анализатора потерь. По результатам наблюдений величина потерь зерна в большинстве случаев составила в диапазоне от 0,4 до 2,0 %, что входит в допустимые значения. Были выявлены потери урожая превышающие допустимые значения, которые составили 14% и 18 %, что в физическом эквиваленте составляет 49 и 101 тонна потерь зерна.

Составлены рекомендации, которые необходимо выполнять во время уборочной кампании. Проанализирована нагрузка, приходящаяся на зерноуборочный комбайн, а также сезонный намолот на одну работавшую машину.

В сельскохозяйственной сфере Южный Урал стал одним из лидеров по производству куриных яиц. На конец 2022 года УрФО занял 5-е место со снижением производства яиц за год на 16,6 %. Между тем Челябинская область по этому показателю показала рост и оказалась в числе лидеров Урала и России, занимая в стране 4-е место. Одним из крупнейших производителей яйца является компания АО «Птицефабрика Челябинская», которая входит в десять крупнейших птицефабрик нашей страны. Для сохранения лидерских позиций на рынке важную роль играет обеспеченность средствами производства. Поэтому в компании уделяется важное значение производству зерновых и зернобобовых

культур. Например, урожайность зерновых в 2022 г. была рекордной и составила 38 центнеров с гектара. Эти показатели являются одними из самых высоких в регионе в 2023 г. Общий потенциал парка зерноуборочных комбайнов АО «Птицефабрика Челябинская» насчитывал 18 машин разнообразных моделей и модификаций. Нагрузка уборочной площади на один физический комбайн за сезон составила 852 га зерновых и зернобобовых культур; средний сезонный намолот на одну работавшую машину равен 339 тонн зерна. Среди всех районов Челябинской области это один из высоких показателей 2023 году. Выращиваемые культуры на АО «Птицефабрика Челябинская» определены грамотно составленным севооборотом, в который входят: яровая пшеница, яровой ячмень, горох, лен. Одним из главных резервов увеличения производства зерна является высокое качество выполнения уборочных работ. Для этого необходимо знать виды и источники потерь зерна, влияние различных факторов на потери и механические повреждения зерна при уборке урожая. Потери зерна при уборке урожая могут быть разделены на две основные группы: потери от осыпания и потери от подбора.

Основная цель данного исследования заключалась в определении уровня потерь зерна, связанных с использованием зерноуборочных комбайнов, как импортных, так и отечественных, во время осеннего сезона на Южном Урале.

Задачи исследования:

- выявить основные причины потерь урожая зерноуборочных комбайнов за время реализации уборочного цикла зерновых и бобовых культур;
- определить количество потерь зерна зерноуборочных комбайнов.

Хронометражные наблюдения за зерноуборочными комбайнами в соответствии с разработанной методикой экспериментальных исследований проводились в хозяйстве АО «Птицефабрика Челябинская». Возделываемые поля предприятия расположены в двух районах Челябинской области: Еткульский и Красноармейский и Копейском округе. Наблюдения применялись для определения потерь зерна зерноуборочных комбайнов.

Для осенних полевых наблюдений в хозяйствах было использовано 18 зерноуборочных комбайнов. Мы разделили их на три группы в зависимости от их наименования, состава и года выпуска, как указано в табл. 1. [7].

В качестве главного нормообразующего фактора принято использование времени смены (суток) и уборочного периода. Для оценки анализа потерь урожая

зерноуборочных комбайнов этот метод вполне доступен и не требует сложного оборудования.

Табл. 1

Состав зерноуборочных комбайнов в период наблюдений

Группа	Наименование зерноуборочного комбайна	Период эксплуатации, год	Количество
1	Claas Mega	17	3
2	Acros – 585	8	6
3	Claas Tucano 2021	3	4
	Acros – 585, 2022	2	3
	RSM 161, 2023	1	2

Для анализа потерь урожая зерноуборочных комбайнов способом полевых наблюдений рядом с движущимся комбайном неотлучно находился наблюдатель, который передвигался в сопровождающей машине. У наблюдателя имелся планшет с актом учета потерь при уборке зерновых культур. В течение рабочего времени зерноуборочных комбайнов проводились наблюдения за их работой, фиксировалось количество соломы, количество и вес зерна, целостность зерна.

Для измерения потерь зерна устанавливался блок с неуправляемыми магнитами на заднюю балку зерноуборочного комбайна, к блоку крепилась чаша площадью 0,33 м² с управляемыми магнитами (рис. 1). Далее после того как установили чашу комбайн продолжал работу. В процессе набора максимальных оборотов комбайна наблюдатель производит сброс проверочной чаши при помощи дистанционного пульта управления. Комбайн проходил над чашей и все что просыпалось, осталось в ней (солома, не вымолоченные колосья, зерно). Содержимое чаши помещалось в вентилятор, с помощью которого легкая масса выдувалась и оставалось зерно, которое просыпалось из комбайна. Наблюдатель высыпал просыпанное зерно из чаши в мерный стаканчик, взвешивал очищенное зерно на электронных весах. Полученный результат определялся в граммах на 0,33 м², после чего заносился в акт учета потерь зерна (элементы потерь урожая).

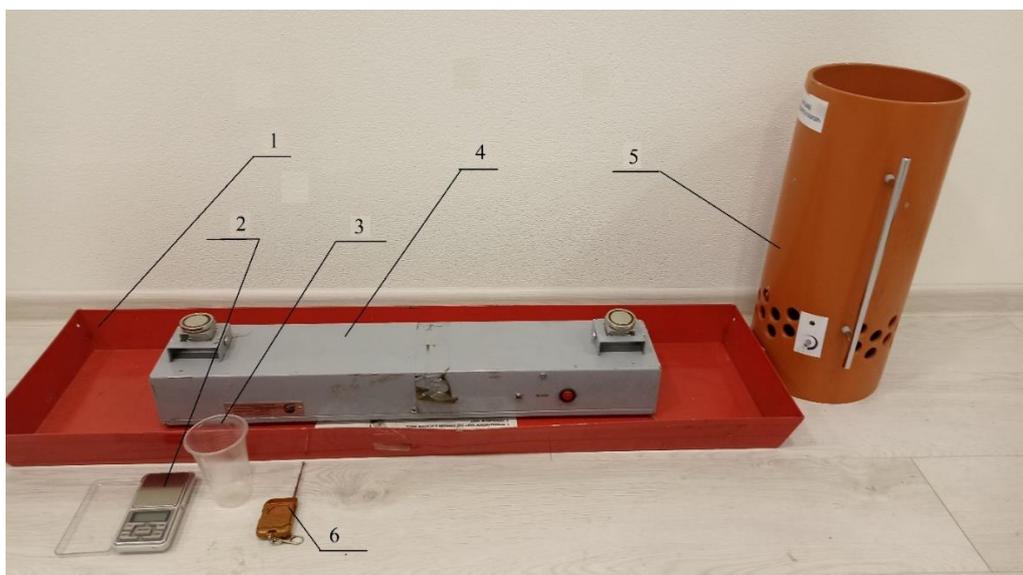


Рис. 1. Комплект анализа потерь зерна зерноуборочного комбайна: 1 – проверочная чаша, 2 – весы, 3 – мерный стаканчик, 4 – блок с неуправляемыми магнитами, 5 – вентилятор, 6 – пульт управления

В наблюдательном листе указывалось наименование зерноуборочного комбайна, государственный номер, наименование исследуемого объекта (поле), его площадь, культура, выращиваемая на объекте, сорт и репродукция.

Измерение потерь зерна за зерноуборочным комбайном производилось в трехкратной повторности, после чего определялась средняя величина потерь за исследуемым комбайном.

Сведения об объекте записываются агрономом, а наблюдатели уточняют их на месте наблюдения. Измерялся участок, обработанный за одну смену, и его основные размеры.

Обработанная информация об учете потерь зерновых культур заносится в сводные таблицы и рассчитывается среднее значение. 2). Эти показатели были тщательно проанализированы и получены соответствующие данные о работе комбайна по уборке зерновых. Анализ сводной ведомости зерноуборочного комбайна позволил оценить качество уборочной кампании, потери зерна, фактическую производительность и т.д.

Табл. 2

Показатели потери зерна зерноуборочных комбайнов в различные сроки уборки

№ п/п	Наименование объекта учета	Культура	Наименование зерноуборочного комбайна	Период уборки, дн	Потери зерна на объекте учета, тонн	Потери зерна, %
1	11Е-3	горох	Acros-585	17.08. - 18.08	3,4	0,9
2	11Е-1	горох	Acros-585	17.08. - 18.08	1,5	2,0
3	10Е-2	горох	RSM 161	15.08. - 16.08	0,9	0,3
4	11Е-3	горох	Acros-585	17.08. - 18.08	2,9	0,7
5	10Е-2	горох	Acros-585	15.08. - 16.08	49,2	14,1
6	28Е-1	пшеница	Claas Tucano	14.08.	0,9	0,4
7	28Е-1	пшеница	Claas Tucano	14.08.	2,1	1,0
8	9Е-2	пшеница	Acros-585	25.09.	101,5	18,7
9	9Е-2	пшеница	RSM 161	25.09.	8,7	1,9
10	19К-1	пшеница	Acros-585	18.09. - 19.09 05.10.	3,8	0,8

В период с 8-го по 15-й день после полной зрелости зерна у колосовых культур наблюдаются наибольшие потери. В остальные дни уборки потери значительно меньше. Конкретные значения потерь зерна в течение каждого дня зависят от типа культуры и составляют от 21,6 до 35,9 кг/га или от 0,9 до 1,5 кг/ч (табл. 3) [2, 4].

Табл. 3

Потери зерна при уборке после наступления полной спелости за каждые последующие сутки или часы перестоя

Культура	Средние величины потерь зерна			
	кг/га		% от урожая	
	за сутки	за час	за сутки	за час
Яровая пшеница	21,6	0,900	1,14	0,0475
Яровой ячмень	29,2	1,217	1,24	0,0517

Важно заметить, что уборка является наиболее трудной и сложной операцией в технологии возделывания зерновых и зернобобовых культур, а 2023 г. был достаточно сложным и непредсказуемым в климатических аспектах, что привело к ухудшенному результату работы. Продолжительность уборки более 15 дней недопустима, т. к. это приводит к потере одной трети урожая и более при ухудшении его качества [1].

Необходимо отметить, что продолжительность уборочной кампании 2023 г. была увеличена в связи с погодными условиями, что в свою очередь сказалось

на снижении урожая. Значительного количества выпавших осадков в сентябре месяце привело к прорастанию зерновых и зернобобовых культур.

В период уборки гороха произошло его полегание и производительность машин на скашивании оказалось низкой [3].

Величина потерь зерна в большинстве случаев составила в диапазоне от 0,4 до 2,0 %. Также имеются потери, которые превышают данный диапазон:

- комбайна Acros гос.№4041 – потери составили 14,1%;
- комбайн Acros гос.№1878 – потери составили 18,7%;
- при уборке наблюдалось из-за полеглости хлебов значительное количество не срезанных колосьев, что требовалось от комбайнера опускание мотвила ниже заданной величины, что могло привести к отказу комбайна.

В результате проведенных наблюдений были выведены следующие рекомендации, которые обязательно следует учесть в процессе уборки [5, 6, 8]:

- перед началом каждой рабочей смены рекомендуется осмотреть уплотнения между жаткой, проставкой и наклонной камерой. Также следует залезть под комбайн для осмотра уплотнений стрясной доски;
- если фартук над клавишами порвется, поток ветра от барабана будет выбрасывать зерно на землю. Поэтому следует регулярно проверять его состояние и, при необходимости, заменять;
- осмотр и очистка решет также являются важными этапами процесса уборки. Залипание решет травой приводит к увеличению потерь зерна. Поэтому рекомендуется регулярно осматривать и чистить решета во время работы;
- скорость комбайна оказывает значительное влияние на эффективность уборочного процесса. При уборке в конечные сроки, когда зерно уже самоосыпается из колоска (особенно актуально для гороха), важно, чтобы обороты мотвила соответствовали скорости комбайна. Наблюдалось высокое количество потерь в подобных ситуациях.
- при переходе с одного поля на другое рекомендуется повторно провести проверку потерь и, при необходимости, принять соответствующие меры.
- регулировки оборотов вентилятора и зазора решет зависят от засоренности, влажности, погодных условий. Много потерь идет на уклонах.

Следует отметить, что план мероприятий, направленных на подготовку комбайнов, способен обеспечить максимально эффективную работу этих

сельскохозяйственных машин с минимальными потерями урожая. Однако, различные организационные и технологические факторы могут привести к увеличению потерь в зерне. Из-за этого жизненно важным становится контроль над качеством работы комбайнов и своевременное устранение всех возникающих неполадок.

Список используемых источников

1. Иброгимов Р.И. Потери зерна при уборке урожая // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. 2017. № 7. С. 180-182.
2. Иксанов Ш.С. Повышение эффективности прямого комбайнирования зерновых культур на примере комбайна РСМ-101 "ВЕКТОР-410" в условиях Челябинской области: дис. канд. техн. наук наук: 05.20.01. Оренбург, 2016. 170 с.
3. Клочков А.В. и др. Зерноуборочные комбайны: учебное пособие для учащихся ПТУ / Клочков А.В., Адашь А.В., Попов В.А. Минск: Издательство Дизайн ПРО, 2004. 240 с.
4. Ловчиков А.П., Коновалов С.М., Константинов М. М, Клаузер Л. А., Питин Н. С. / Рекомендации по снижению потерь и механических повреждений зерна при уборке урожая. Челябинск, 2012. 40 с.
5. Ломакин С.Г., Бердышев В.Е. Формирование парка зерноуборочных комбайнов с учетом условий уборки // Вестник РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева. 2016. №5 (75). С. 7-12.
6. Мосяков М.А. Оценка потерь и повреждаемости зерна при уборке зернобобовых культур // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве. Общая редакция: Бухтояров Н.И., Орбинский В. И., Баскаков И. В. 2017. С. 232-238.
7. Редреев Г.В., Качурин В.В. Потенциал современных посевных комплексов на севе // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (28). С. 239-244.
8. Степанов Н.Н., Бричагина А.А., Степанов Н.В. Потери зерна при комбайновой уборке // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. 2019. С. 165-171.

ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОНОМНОЙ ПОСАДКИ БПЛА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ

Койнов Е.В. – магистрант ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

Аннотация

В статье анализируются четыре отдельных исследования, в каждом из которых представлены инновационные подходы к идентификации посадочных площадок в различных условиях - от городских районов до скалистых местностей и чрезвычайных ситуаций и сравниваются эти методы по критериям. В конце статьи рассматриваются общие проблемы, связанные с рассмотренными исследованиями.

Стремительное развитие технологий в области электротехники и транспорта ознаменовало собой новую эру проблем и решений, особенно в сфере использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) или дронов. В последние годы беспилотники стали важнейшими инструментами в различных отраслях, существенно повлияв на выполнение таких задач, как инспекция, наблюдение и логистика. Однако значительной технической проблемой остается автономное определение безопасных зон посадки дронов. Эта задача не только важна для обеспечения безопасности и долговечности БПЛА, но и играет важнейшую роль в эффективности их работы, особенно в сложных и непредсказуемых условиях.

Автономная посадка беспилотников, особенно в неструктурированной или неизвестной среде, представляет собой набор уникальных проблем. Они варьируются от обработки данных об окружающей среде в режиме реального времени до точной оценки потенциальных опасностей и подходящих мест для посадки. Решение этих проблем имеет первостепенное значение для повышения надежности и функциональности БПЛА в различных областях применения.

В электроэнергетике, например, дроны могут использоваться для мониторинга и обслуживания линий электропередач, что требует точного и безопасного приземления в труднодоступных или опасных для человека местах. В сфере транспорта, особенно в условиях урбанизации, эффективность и безопасность дронов непосредственно связаны с их способностью правильно выбирать место для приземления, что может существенно повлиять на логистику и доставку грузов.

Значительный шаг в области автономной идентификации посадочной зоны беспилотников воплощен в исследовании «Landing Zone Identification Using A Hardware-accelerated Deep Learning Module». Данное исследование демонстрирует интеграцию технологий глубокого обучения с воздушным транспортом и электротехникой, в частности с беспилотными авиационными системами.

Центральное место в этом исследовании занимает использование цветных данных облака точек LiDAR для разработки автономного модуля идентификации зоны посадки. В исследовании используется «ConvPoint» – нейросетевая архитектура, признанная за свою эффективность в сегментации облаков точек.

Ключевым результатом данного исследования является повышение точности методов, основанных на глубоком обучении, при обнаружении зон посадки, особенно в среде с водоемами. Традиционные методы, опирающиеся преимущественно на геометрическую информацию, показали свои недостатки в таких сценариях. В отличие от них, метод, разработанный в данном исследовании, достигает точности до 94%, иллюстрируя преимущества интеграции геометрической и цветовой информации при оценке зоны посадки.

Еще одним важным аспектом исследования является применение специализированного модуля на платформе NVIDIA для ИИ, что демонстрирует возможность обработки данных в реальном времени в практических сценариях с высокой скоростью. Этот элемент особенно актуален для приложений в электротехнике и транспортной инженерии, где быстрый и надежный анализ данных имеет решающее значение [1].

После изучения передовых методов обнаружения зон посадки с помощью LiDAR и глубокого обучения следующим важным исследованием в этой области стало «Real-Time Landing Zone Detection for UAVs using Single Aerial Images». Это исследование соответствует общей теме расширения возможностей БПЛА, особенно в части использования аэрофотоснимков для определения безопасных зон посадки – ключевого момента в области транспорта и электротехники.

Инновационность данного исследования заключается в подходе к обнаружению зон посадки в режиме реального времени с помощью конволюционных нейронных сетей (CNN). Метод предполагает обработку отдельных аэрофотоснимков, сделанных беспилотниками, что является отходом от подхода на основе LiDAR, рассмотренного ранее.

Ключевым моментом этого метода является двухпроцессный подход: во-первых, для оценки глубины по аэроснимкам используется архитектура CNN, а во-вторых, другая сеть, основанная на CNN Inception, названная LandNet, классифицирует эти оценки глубины на пригодные и непригодные для использования зоны. Этот подход не только демонстрирует адаптивность CNN в различных приложениях, связанных с БПЛА, но и подчеркивает их потенциал в оперативных условиях реального времени.

Результаты исследования демонстрируют многообещающую точность: методика достигает примерно 80% точности в синтетических и реальных сценариях. Такие показатели особенно актуальны в контексте электротехники и транспортной инженерии, где БПЛА все чаще используются для решения таких задач, как инспекция и наблюдение за инфраструктурой, что требует надежных и эффективных стратегий посадки [4].

Продолжая тему технологий посадки дронов, третье исследование, «Analyzing Visual Imagery for Emergency Drone Landing on Unknown Environments», переносит акцент на аварийные сценарии. Это исследование особенно актуально в контексте электротехники и транспорта, где дроны могут столкнуться с непредсказуемыми ситуациями, требующими немедленных и безопасных решений для посадки.

Суть исследования заключается в анализе визуальных изображений, позволяющих беспилотникам автономно определять безопасные зоны посадки в условиях, которые не нанесены на карту и не известны заранее. Эта задача крайне важна в экстренных сценариях, например, при проверке линий электропередач или мониторинге транспорта, когда дрону может внезапно понадобиться приземлиться из-за непредвиденных обстоятельств, таких как разрядка аккумулятора или технические неполадки.

Инновационность данного исследования заключается в подходе к решению проблемы аварийных посадок. Исследование предполагает применение методов анализа изображений и алгоритмов машинного обучения для повышения способности дрона принимать автономные решения.

В отличие от предыдущих исследований, в которых основное внимание уделялось запланированным сценариям посадки с использованием данных LiDAR и отдельных аэрофотоснимков, в данном исследовании рассматривается непредсказуемость, присущая чрезвычайным ситуациям. Оно подчеркивает необходимость создания адаптируемых и надежных систем, способных

принимать быстрые и точные решения на основе визуальных данных в режиме реального времени [2].

Дополняет изучение технологий автономной посадки исследование «Deep Monocular Hazard Detection for Safe Small Body Landing», представляющее уникальный подход, выходящий за рамки наземного применения в сферу освоения космоса. Исследование, посвященное посадке роботизированных космических аппаратов на малые тела, такие как астероиды, демонстрирует более широкую применимость и потенциал технологий автономной посадки.

Хотя данное исследование отличается от тематики предыдущих докладов, ориентированной на БПЛА, его актуальность для заключается в передовых технологических последствиях для электротехники и транспорта. В частности, оно демонстрирует применение сложных методов машинного обучения в экстремальных и неструктурированных условиях, подобных тем, которые могут встречаться в передовых транспортных системах или удаленных электротехнических проектах.

Инновации исследования заключаются в использовании байесовских методов глубокого обучения для прогнозирования карт безопасности посадки непосредственно по монокулярным изображениям. Этот подход значительно отличается от традиционных методов, которые в значительной степени опираются на априорные карты местности высокой точности и обширную верификацию с участием человека. Благодаря использованию глубокой семантической сегментации в исследовании достигнута точность и достоверность картографирования на реальных изображениях, полученных в ходе миссии OSIRIS-REx к астероиду 101955 Bennu, что демонстрирует эффективность метода в космическом контексте [3].

Изучив методологии и инновации, представленные в каждом из четырех исследований, мы переходим к сравнительному анализу в таблице 1. Этот анализ позволит систематически оценить и сравнить эти методики по ряду определенных критериев. Эти критерии включают в себя тип используемой нейронной сети, точность обнаружения, метод обработки данных, сценарии применения и требования к оборудованию.

– тип нейронной сети: анализ конкретных архитектур нейронных сетей, использованных в исследованиях, с акцентом на их структурные различия и функциональные возможности;

- точность обнаружения: оценивается процентная точность, которой достигает каждый метод при правильном определении зон посадки или опасностей;
- метод обработки данных: оценка технического подхода, используемое в исследованиях для анализа и обработки данных;
- сценарии применения: рассматривается спектр практических ситуаций, в которых каждая технология может быть эффективно применена;
- требования к оборудованию: рассматривается необходимое датчики, такие как камеры или LiDAR, необходимые для реализации каждого метода.

Табл. 1

Сравнение подходов и методов исследований

Критерии	Landing Zone Identification Using A Hardware-accelerated Deep Learning Module	Real-Time Landing Zone Detection for UAVs using Single Aerial Images	Analyzing Visual Imagery for Emergency Drone Landing on Unknown Environments	Deep Monocular Hazard Detection for Safe Small Body Landing
Тип нейронной сети	ConvPoint (CNN)	CNN, Inception CNN	LeNet (CNN)	Bayesian Deep Learning ICNet (CNN)
Точность модели	До 91.68%	До 82%	Примерно 95%	Более 80%
Метод обработки данных	Сегментация облака точек	Оценка глубины, классификация	Классификация	Семантическая сегментация
Сценарии применения	Около воды и городская местность	Городская местность	В любой местности в экстренных ситуациях	Каменистая местность
Требования к оборудованию	LiDAR	Камера	Камера	Камера

При анализе критериев и методологий четырех исследований выявляется несколько общих проблем.

1. Интерпретация и обработка данных: значительной проблемой во всех исследованиях является интерпретация и обработка сложность обработки различных типов данных, таких как облака точек LiDAR и снимки. Сложность этих форматов данных требует сложных нейросетевых архитектур и алгоритмов. Например, хотя нейронная сеть ConvPoint (CNN) эффективно обрабатывает

данные LiDAR, ее производительность может быть ограничена присущими LiDAR ограничениями в определенных условиях. Аналогичным образом использование снимков требует расширенных возможностей обработки изображений, что может быть сложным в полевых условиях, а также дорогим.

2. Достижение постоянной точности в различных условиях: несмотря на то, что в каждом исследовании сообщается о высоком уровне точности, поддержание этого уровня в различных реальных сценариях является серьезной проблемой. Факторы окружающей среды существенно влияют на производительность этих моделей. Например, точность модели в городских условиях может оказаться невозпроизводимой в сельской или лесной местности, даже если модель обучалась на снимках этих местностей. Кроме того, модели, обученные на конкретных наборах данных, могут плохо обобщаться на другие, невидимые условия.

3. Адаптируемость к сценариям применения: несмотря на то, что каждое исследование отлично справляется со своим целевым сценарием применения, распространение этих методик на более широкий спектр сценариев остается сложной задачей. Например, метод, оптимизированный для аварийных посадок в неизвестных условиях, может быть неприменим для плановых посадок в структурированных условиях. Это ограничение требует создания более гибких и адаптивных моделей, способных удовлетворить разнообразные требования к эксплуатации БПЛА в различных секторах.

Таким образом, основные проблемы, выявленные в ходе анализа, связаны со сложностью обработки данных, необходимостью обобщения моделей в различных условиях и адаптируемостью этих методов к различным сценариям применения. Решение этих проблем будет иметь решающее значение для развития технологий автономной посадки для более широкого применения в электротехнике и транспорте.

Список используемых источников

1. Atapattu S., Balasooriya N., De Silva O., Jayasiri A., Mann G.K.I., Gosine R. Landing Zone Identification Using A Hardware-accelerated Deep Learning Module [Электронный ресурс] // 77th Annual Forum & Technology Display, The Vertical Flight Society. 2021. URL: https://www.researchgate.net/publication/360448934_Landing_

Zone_Identification_Using_a_Hardware-accelerated_Deep_Learning_Module (дата обращения: 02.01.2024).

2. Bektash O., Naundrup J.J., la Cour-Harbo A. Analyzing visual imagery for emergency drone landing on unknown environments // International Journal of Micro Air Vehicles. 2022. Vol. 14. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/17568293221106492> (дата обращения: 02.01.2024).

3. Driver T., Tomita K., Ho K., Tsiotras P. Deep Monocular Hazard Detection for Safe Small Body Landing [Электронный ресурс] // AAS/AIAA Space Flight Mechanics Meeting. 2023. URL: <https://arxiv.org/pdf/2301.13254.pdf> (дата обращения: 02.01.2024).

4. Rojas Pérez L.O., Munguia-Silva R., Martinez-Carranza J. Real-Time Landing Zone Detection for UAVs using Single Aerial Images [Электронный ресурс] // International Micro Vehicle Competition and Conference (IMAV). 2018. URL: https://www.researchgate.net/publication/343350279_Real-Time_Landing_Zone_Detection_for_UAVs_using_Single_Aerial_Images (дата обращения: 03.01.2024).

МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ: СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Потапова У.А. – магистрант кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация

В статье рассматриваются существующие технологии перевозок грузов различными видами транспорта. выявляются основные проблемы данных перевозок. Анализируются научные работы других авторов, связанные с мультимодальными перевозками грузов. В заключении предлагаются рекомендации и пути решения рассматриваемых проблем.

В настоящее время отрасль грузовых перевозок очень актуальна. Связанно это с потребностями человека и быстро растущими потребностями использования транспорта. С каждым годом грузооборот перевозок увеличивается в среднем на 2%, возрастает спрос на транспортные перевозки. В 2020 г. грузооборот снизился из-за пандемии, а к концу года вновь возрос (рис. 1). Аналогичная ситуация была и в 2022 г., но связанно это было с началом проведения СВО, что в свою очередь сказалось на закрытии воздушных и морских коридоров. Данные виды перевозок и так считались не самыми популярными, но с их частичным перекрытием, грузоотправители стали больше задумываться о моноперевозке. В конце 2022 г. резко вырос спрос на перевозку грузов автомобильным транспортом совместно с железнодорожным, так как к РФ присоединились новые регионы.

Грузооборот (млн. тонн-км)

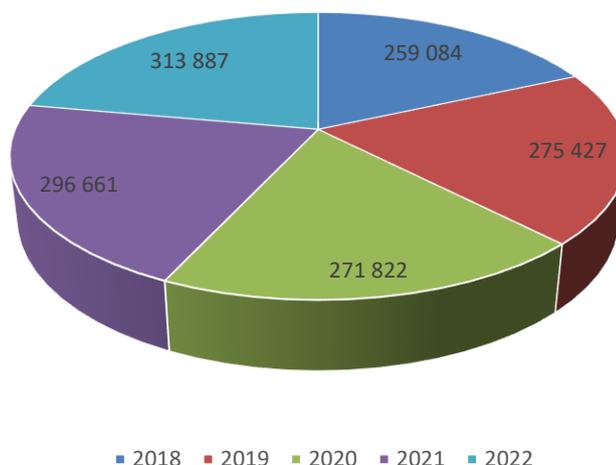


Рис. 1. Грузооборот за 5 лет

Рассмотрим, что же такое мультимодальные перевозки. Это перевозка груза, в которой доставка груза от грузоотправителя до грузополучателя осуществляется, как минимум двумя видами транспорта (автомобильный, ж/д, воздушный, водный, трубопроводный) [1, 2]. При этом доставить груз при помощи водного и воздушного транспорта в одной перевозке нельзя, так как взлетно-посадочных полос вблизи портов у нас практически нет.

Смешанным видом перевозок, зачастую доставляют негабаритный груз в другие страны, а также по территории одной страны, где нет никакой возможности использовать только один вид транспорта. На территории Российской Федерации, такой областью является север страны.

Без договора о смешанных перевозках нельзя считать перевозку мультимодальной. Оператор смешанной перевозки руководит и отслеживает перемещение груза из места отправки до места прибытия. Опираясь на документы мультимодальной перевозки берет на себя ответственность за все операции, которые организует. Так как ответственность за все операции с грузом несет одна логистическая компания, очевидно, что мультимодальная перевозка очень выгодна грузовладельцу. Поскольку грузовладельцу нет необходимости налаживать связь с несколькими перевозчиками и контролировать перевозку груза, потому что выполнение всего логистического процесса возложено на одну и ту же логистическую компанию или транспортную организацию. Владелец груза достаточно оформления документов на перевозимый груз [3].

Взаимодействие между компанией и грузоотправителем экономит время на переговоры, оптимизирует документооборот, сокращает затраты, которые так необходимы для перевозок за пределы страны. При планировании перевозок смешанным типом, компания которая отвечает за эту транспортировку грузов, имеет полное право оптимизировать маршрут перемещения – самостоятельно. Для перевозки товаров за пределы страны логистическая компания старается выбрать такие места пересечения границ, где прохождение транспорта будет наиболее облегченное, а также эта компания готовит все сопроводительные документы для беспрепятственного прохождения груза на таможенных пунктах.

Особенностью мультимодальной транспортировки, является, то, что всю ответственности при перевозке груза берет на себя транспортная компания. Поэтому при выборе такой компании, необходимо изучить ее опыт работы в смешанных перевозках, так как транспортирование таким типом, является сложным. Очень важно, чтобы не возникло никаких проблем со стороны транспортной компании при выполнении транзита.

Ко всему выше изложенному следует добавить то, что грузоотправители стараются снизить все возможные риски при перевозке груза, поэтому стараются доверить перевозку транспортной компании (составление маршрутов, заполнение различной документации и др.). При неверном выборе маршрута доставки груза в аэропорт, время ожидания доставки груза увеличится, так как придется продумывать или выбирать новый подходящий рейс (маршрут), а на это тоже требуется время, что срывает сроки поставки в установленный срок. Из-за этого теряется доверие к грузоотправителю как к добросовестному поставщику со стороны грузополучателя, что возможно в последствии снизит прибыль с обеих сторон.

На рисунке 2 представлено количество перевезенного груза, используя мультимодальные перевозки.

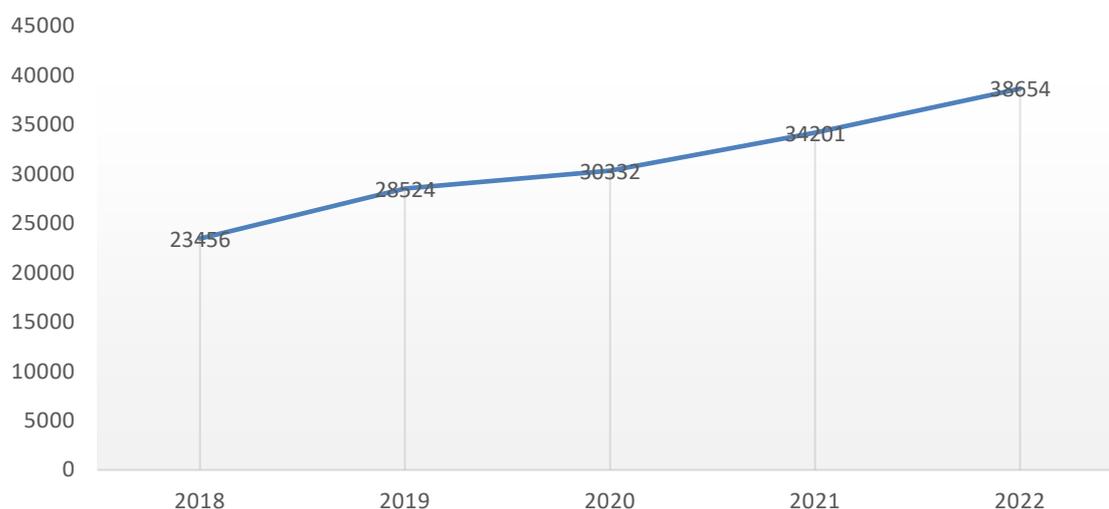


Рис. 2. Объем груза, перевезенного с помощью мультимодальных перевозок, млн. тонн/км

Необходимо обратить внимание, что при сравнении рисунков 1 и 2 видно, как количество грузов, перевозимых разными видами транспорта, примерно в 10 раз меньше от общего числа перевозимого груза.

Также множество недостатков при мультимодальных перевозках, связано с перевозкой груза одним из видов транспорта, к примеру, автомобильным. Это связано с тем, что автомобили простаивают под погрузкой и разгрузкой, а также в перевалочных пунктах и др. Существуют и естественные задержки на данном виде транспорта, например, из-за погоды, но в большинстве случаев это связано с недостатками в согласовании расписания движения, прерывности плана-графика на транспортном узле и т. п. Несогласованность работы хотя бы с одним из видов транспорта, в данном случае с автомобильным, влечет за собой ухудшение функционирования всех остальных видов транспорта [6].

Автором статьи проведен анализ научных работ других авторских коллективов, связанных с перевозкой грузов различными видами транспорта (мультимодальные, смешанные перевозки).

В своей работе И.П. Меркулова описывает основные проблемы мультимодальных перевозок, такие как: слабо развитая инфраструктура, низкая координация работы различных видов транспорта, недостаточное правовое регулирование и низкое качество таможенных услуг. По данным из её статьи можно увидеть, что Россия располагается на самом низком показателе по таможене, своевременной доставке и качестве логистического обслуживания, хотя потенциал большой. Сравнивая множество стран, Меркулова решила

сравнить Россию и Германию, так как Германия занимает лидирующие позиции по показателям качества индекса логистики. Для решения данных проблем, которые непосредственно связаны с недостаточным развитием транспортной инфраструктуры, необходимо создать узловые мультимодальные транспортно-логистические центры, а также изучить и внедрить в свою работу передовые технологии, которые активно используют логистические компании зарубежных стран. Разработки в сфере смешанных перевозок на примере Германии, показывает нам, что мультимодальные перевозки могут занимать лидирующий спрос на рынке перевозок, так как при введении новейших достижений техники и науки, возможны существенное увеличение качества перевозок данным типом. В качестве примера автор приводит транспортный узел в г. Бремене, а также морские порты Гамбурга и Ростока. В этих центрах используются новейшие логистические технологии организации хранения грузов и грузопереработки, обеспечивается своевременность доставки грузов, включая доставку «от двери до двери».

Сложность в организации различных видов транспорта России по сравнению с Германией сводится к тому, что у этих стран разное территориальное перемещение внутри страны (в России больше) и разные климатические условия. Расстояние между транспортными узлами в Германии намного меньше, чем в России, а климат наиболее благоприятный, так как отсутствуют низкие температуры, что существенно облегчает транспортировку.

Проанализировав данную статью, видно, что в России не пользуются перевозками смешанных видов транспорта в полную мощь, так как существует много недочетов при данных перевозках.

В статье Никулина Е.В. рассматриваются проблемы мультимодальных перевозок, среди которых недостаток складов, подходящих под крупный бизнес, изношенность ж/д транспорта для перевозки грузов, а также слаборазвитая инфраструктура автомобильных дорог [8].

Действительно, при недостаточном количестве складов просто негде хранить товар, который ожидает своей отправки другими видами транспорта. Изношенность ж/д составов влияет на скорость доставки, что существенно ограничивает тип груза.

Считаю, что автомобильные дороги в России развиты на приемлемом уровне, погодные условия в разных регионах страны разные, что в конечном итоге и влияет на скорость доставки.

Делая вывод из всего изложенного, можно сформулировать следующие предложения. Сохранность и сроки доставки зависят непременно от технического состояния подвижного состава, на котором груз и перевозится, поэтому следует усилить контроль за техническим состоянием (в том числе проводить своевременно техническое обслуживание) подвижного состава всех видов транспорта [9].

Для снижения времени простоев транспорта на перевалочных пунктах следует более качественно организовать управление работой погрузо-разгрузочных пунктов, а расписание подачи подвижного состава под погрузку или разгрузку должно быть согласовано с графиком движения и быть минимальным. Строгое соблюдение графика позволит сократить транспортные издержки.

Следует разработать рациональные маршруты перевозки грузов несколькими видами транспорта, что позволит получить наибольшую эффективность работы транспортной системы, а также обеспечит потребителей наиболее качественными транспортными услугами.

Список используемых источников

1. Zalukaeva N. Yu., Guskov A.A. A logistics approach to providing end customers with biofuel // *The World of Science without Borders*. Tambov: TSTU, 2019. 11-15.
2. Анохин С.А., Гуськов А.А. Проблема обновления подвижного состава в автотранспортных предприятиях // *Автотранспортное предприятие*. 2016. № 11. С. 47-51.
3. Гуськов А.А. Проблемы обеспечения эксплуатационной безопасности автотранспортных средств в России // *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации*. Тамбов: ТГТУ, 2017. С. 399-403.
4. Гуськов А.А. Проблемы организации грузовых перевозок в России // *Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики*. Оренбург: ОИПС, 2021. С. 98-101.
5. Лавриков И.Н., Гуськов А.А., Гавриков В.А., Анохин С.А. Экономический аспект при выборе транспорта в логистической системе // *Научное обозрение: теория и практика*. 2020. Т. 10, № 12(80). С. 3321-3328.

6. Мезенцева Е.Д., Прохорова Л.В. Мультимодальные перевозки: особенности и риски // Общество, экономика, управление. 2021. №1. С.29-34.
7. Меркулова И.П. Мультимодальные перевозки в России: опыт, проблемы, перспективы // Молодая наука Сибири. 2018. №2. С.11-16.
8. Никулин Е.В., Стародубцева О.А. Проблемы использования мультимодальных перевозок // Научные исследования и разработки молодых ученых. 2016. №9 (2). С. 128-132.
9. Пеньшин Н.В., Залукаева Н.Ю., Гуськов А.А. / Документооборот в сфере автоперевозок: учебное пособие. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. 84 с

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ПЕРЕВОЗОК АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Пучкин Д.В. – магистрант, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Аннотация

Статья представляет собой исследование статистического метода прогнозирования объема перевозок, направленного на повышение конкурентоспособности автотранспортных предприятий. Рассматривается статистический метод прогнозирования, его эффективность и влияние на оптимизацию логистических процессов, предлагая практические рекомендации для улучшения управления перевозками в условиях современного рынка.

Коммерческие автомобильные грузоперевозки как деятельность складывается из двух основных типов процессов:

- транспортный, в ходе которого осуществляется перемещение материальных благ и людей во времени и пространстве;
- информационных, имеющих целью создание информационных моделей транспортных процессов и осуществление воздействий на участников деятельности для обеспечения достижения поставленных целей (результатов деятельности) [2].

Участники транспортных процессов неизбежно выполняют операции по переработке определенной информации. Однако система управления формируется лишь на основе выделения совокупностей информационных операций в специализированные виды производственно-хозяйственной деятельности, осуществляемые соответствующим аппаратом автотранспортных компаний, объединений, грузовых автомобилей.

Под функцией управления обычно понимают часть регулярной организационной деятельности по переработке информации и принятию решений. Можно выделить шесть основных функций управления: планирование, организацию, распорядительство, координацию, связь и контроль. Последовательность действий по их выполнению допустимо рассматривать как основу функционального описания любого процесса управления.

Структура процесса принятия решений показывает, что все названные выше функции управления реализуются обязательным набором блоков в системе управления. Это блоки:

- формулирования целей;
- анализа выходов и формулирования проблем;
- анализа входов;
- рассмотрения вариантов решения проблемы
- принятия решений;
- воздействия на управляемый объект с целью реализации решений.

Структура функций управления автотранспортом включает следующие наиболее важные элементы:

- прогнозирование фрахтового рынка и объема перевозок;
- слежение за фактическим спросом на транспортные услуги;
- определение экономически обоснованных объемов грузоперевозок (пассажироперевозок) в границах прогнозируемых значений спроса и предложения;
- определение экономически обоснованного резерва мощностей парка;
- определение экономически обоснованных направлений работы транспортной компании;
- составление годовых и календарных планов работы предприятия с необходимой для эффективного управления степенью детализации;
- определение экономически обоснованной системы управления транспортом;
- разработка стратегических программ и планов развития парка колесной техники и наращивания объемов транспортных услуг, развития инфраструктуры и социальной сферы;
- внедрение оптимальных методов планирования, управления коммерческой деятельностью.

Рассмотрим, как анализ статистических данных позволяет автотранспортным компаниям составлять план работы на ближайшие месяцы.

Статистические методы - методы анализа статистических данных, т. е. произведение математических расчетов на основе числовых значений прошлой статистики для нахождения будущих значений. Эти методы являются наиболее точными при условии полноты и достоверности исходных сведений [1].

Целесообразно выделить три вида научной и прикладной деятельности в области статистических методов анализа данных (по степени специфичности методов, сопряженной с погруженностью в конкретные проблемы):

- разработка и исследование методов общего назначения, без учета специфики области применения;
- разработка и исследование статистических моделей реальных явлений и процессов в соответствии с потребностями той или иной области деятельности;
- применение статистических методов и моделей для статистического анализа конкретных данных.

Данная группа включает методы средних и относительных величин, индексный метод, группировки, построение графиков, корреляционный анализ.

Допустим, имеются ретроспективные данные о коммерческом спросе на транспортные услуги. Тогда общая схема предварительного исследования выглядит следующим образом:

- строится график зависимости количества спроса от времени;
- затем выбирается метод, позволяющий провести соответствующий статистический анализ ретроспективных данных;
- после этого оценивается среднее значение погрешности полученных оценок;
- наконец, принимается решение использовать данный метод анализа или же выбирается другой метод, который представляется более подходящим для решаемой задачи.

Пример. Постоянный уровень спроса объема перевозок со случайным отклонением по данным, приведенным в таблице 1.

Уровень спроса на автомобильные транспортные услуги коммерческими организациями в РФ [3]

Месяц	Спрос, млн. т
12.2022	180,4
01.2023	195,1
02.2023	215,4
03.2023	212,5
04.2023	197,1
05.2023	193,6
06. 2023	194,1
07. 2023	201,3
08. 2023	202,0
09. 2023	209,9
10. 2023	207,7
11. 2023	193,0



Рис. 3. Динамика перевезенного груза коммерческими организациями в РФ

Среднее значение уровня спроса рассчитывается по формуле:

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{n}, \quad (1)$$

где d – фактический уровень спроса, тыс. тонн;

n – число отрезков времени, ассоциированных с прогнозом.

$$\bar{d} = \frac{2402,1}{12} = 200,17 \approx 200 \text{ млн. тонн/мес.}$$

Оценка погрешности. Для оценки погрешности рассчитывается стандартное отклонение по методу наименьших квадратов, значения берем из таблицы 1 [2]:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(d-\bar{d})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{1097,75}{11}} = 9,98.$$

Прогнозирование коммерческого спроса на тоннаж с помощью авторегрессивных моделей:

- строится временной ряд.
- находим параметры следующих пяти функций [2]:

$$Y_t = a_0 + a_1 t, \quad (3)$$

$$Y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \quad (4)$$

$$\ln Y_t = a_0 + a_1 \ln t, \quad (5)$$

$$\ln Y_t = a_0 + a_1 t, \quad (6)$$

$$\ln Y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \quad (7)$$

где Y_t – выравненный спрос тоннажа за период t , млн. тонн;

t – время, порядковый номер периода;

a_i – параметр параболы, находится методом наименьших квадратов из системы уравнений.

Формальным критерием для выбора вида тренда служит величина среднеквадратического отношения.

- выбирается вид функции;

– далее проверяется гипотеза о том, что случайная компонента представляет собой стационарный случайный процесс. Суть очевидна из примера (таблица 2):

Табл. 2

Динамика грузооборота автомобильного транспорта в РФ на коммерческой основе

Месяц	t	Y _t , млн. т
12.2022	1	180,4
01.2023	2	195,1
02.2023	3	215,4
03.2023	4	212,5
04.2023	5	197,1
05.2023	6	193,6
06.2023	7	194,1
07.2023	8	201,3
08.2023	9	202,0
09.2023	10	209,9
10.2023	11	207,7
11.2023	12	193,0

При построении временной экономико-математической модели развития транспортных услуг важное место имеет выбор вида функциональной связи. Это делается достаточно просто на ЭВМ по принципам, изложенным выше. Расчеты коэффициентов модели выполняется на ЭВМ. Задачи можно решать вручную.

Рассмотрим пример прогнозирования на основе статистических данных грузоперевозок автомобильным транспортом с декабря 2022 г. по ноябрь 2023 г. Парабола задана уравнением [2]:

$$Y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \quad (8)$$

где Y_t – выравненный спрос тоннажа за период t;

t – время, порядковый номер периода;

a₀; a₁; a₂ – параметры параболы находятся методом наименьших квадратов из системы уравнений. Процедура расчета приведена в таблице 3.

$$a_0 n + a_1 \Sigma t + a_2 \Sigma t^2 = \Sigma y, \quad (9)$$

$$a_0 \Sigma t + a_1 \Sigma t^2 + a_3 \Sigma t^3 = \Sigma y_t, \quad (10)$$

$$a_0 \Sigma t^2 + a_1 \Sigma t^3 + a_4 \Sigma t^4 = \Sigma y_t^2, \quad (11)$$

где y – фактический оборот;

n – число уровней, т.е. месяцев изучаемого периода.

Табл. 3

Процедура расчета тренда

Месяц	Спрос, Y	t	t^2	t^3	t^4	$Y \cdot t$	$Y \cdot t^2$
03.2023	212,5	-4	16	-64	256	-850	3400
04.2023	197,1	-3	9	-27	81	-591,3	1773,9
05.2023	193,6	-2	4	-8	16	-387,2	774,4
06.2023	194,1	-1	1	-1	1	-194,1	194,1
07.2023	201,3	0	0	0	0	0	0
08.2023	202,0	1	1	1	1	202	202
09.2023	209,9	2	4	8	16	419,8	839,6
10.2023	207,7	3	9	27	81	623,1	1869,3
11.2023	193,0	4	16	64	256	772	3088
Σ	1811,2	0	60	0	708	-5,7	12141,3

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 9a_0 + 60a_2 = 1811,2 \\ 60a_1 = -5,7 \\ 60a_0 + 708a_2 = 12141,3. \end{cases} \quad (12)$$

Находим:

$$a_1 = \frac{-5,7}{60} = -0,095.$$

Решаем первое и третье уравнение путем уравнивания коэффициента.

Для уравнивания коэффициента a_0 первое уравнение умножаем на 40, а третье на 6 и получим:

$$360a_0 + 2400a_2 = 72448,$$

$$360a_0 + 4248a_2 = 72847,8.$$

Вычитаем из третьего уравнения вновь полученное и получаем:

$1848a_2 = 359,8$, откуда:

$$a_2 = \frac{359,8}{1848} = 0,194.$$

Подставляем a_2 в первое уравнение и получим:

$$9a_0 + 60 \cdot 0,194 = 1811,2$$

$$a_0 = \frac{1811,2 - 60 \cdot 0,194}{9} = 199,95$$

Экономико-математическая модель, используемая для прогноза, имеет вид:

$$Y_t = 199,95 - 0,095t + 0,194t^2. \quad (13)$$

Выравненные значения получают путем подстановки в модель t . Например, рассчитаем прогноз за 10.2023 г:

$$199,95 - 0,095 \cdot 3 + 0,194 \cdot 9 = 201,4 \text{ млн. тонн.}$$

Составим таблицу 4 для расчетных показателей:

Табл. 4

Расчетные показатели по месяцам

Месяц	Спрос, Y
03.2023	203,43
04.2023	201,98
05.2023	200,91
06.2023	200,23
07.2023	199,95
08.2023	200,04
09.2023	200,53
10.2023	201,41
11.2023	202,67

Характерность теоретических показателей проверяется расчетами среднеквадратического отклонения полученных показателей от отчетных данных δ и коэффициентных вариаций v :

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{n}}, \quad (14)$$

где y – фактический оборот, млн. т;

где \bar{y} – средний спрос, млн. тонн.

n – число уровней, т. е. месяцев изучаемого периода.

$$\delta = \sqrt{\frac{26,04}{9}} = 1,7.$$

$$v = \frac{\delta \cdot 100}{\bar{y}}. \quad (15)$$

$$v = \frac{1,7 \cdot 100}{200} = 0,85.$$

Результат решение предполагает, что в октябре 2023 г. было перевезено предприятиями Российской Федерации 201,4 млн тонн груза, с погрешностью в 1,7. Использование данного метода прогнозирования несет рекомендательный характер для транспортных компаний.

Анализ статистических данных позволяет организовывать план работ транспортного предприятия, составлять календарные планы, рационально расставлять транспортные мощности. Для точного прогноза допустимо использование рассмотренного метода и методов экспертной оценки.

Список используемых источников

1. ГОСТ Р ИСО/ТО 10017-2005 Статистические методы. РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ Р ИСО 9001: дата введения 2005-05-31. Москва: Изд-во стандартов, 2005. 24 с.
2. Лавриков И.Н., Пеньшин Н.В. Транспортная логистика: учебное пособие. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. 92 с.
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: www.gks.ru. (дата обращения: 03.01.2024).

ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Рогожникова Д.Л. – магистрант, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация

В современном мире одним из основных источников загрязнения окружающей среды является транспорт. Воздействие выбросов на организм человека несет за собой необратимые негативные последствия. Вопрос о сокращении транспортных загрязнений и устранении их пагубного действия волнует подавляющее число населения.

Появление на Земле транспорта значительно облегчило человечеству жизнь, повлияло на хозяйственную и производственную сферы деятельности. Однако наряду со всеми достоинствами технологический прорыв получил ряд недостатков.

Основными причинами загрязнения окружающей среды выступают несколько факторов.

1. Техническое состояние транспорта оставляет желать лучшего, а также качество материалов и топлива.
2. В частных секторах не следят за количеством и составом вредных веществ, выделенных вместе с дымом.
3. В отработавших газах автомобиля значительно превышено количество допустимых выбросов.
4. Трассы, автомагистрали перегружены, машины подолгу стоят на перекрестках и светофорах.
5. Практически каждая семья приобретает как минимум 2 личных автомобиля.
6. Предприятия не оснащены материалами и оборудованием для проверок и ремонта аппаратуры, приборов определения и очищения загрязненности.

Вся транспортная сеть города связывает его жилые комплексы, инфраструктуру, административные комплексы, а также необходима для передвижения городского общественного транспорта и личных автомобилей. Каждая улица служит источником для отработавших газов машин. Степень загрязнения зависит от интенсивности потока, ширины дороги, скорости ветра и

многих других факторов. Какими бы минимальными они не были, их влияние на живой организм сказывается губительно.

Уровень загрязнения измеряется благодаря индексу загрязнения атмосферы (ИЗА). Он представляет собой комплексный показатель степени загрязнения атмосферного воздуха, который ориентируется на несколько примесей. Размер ИЗА зависит от среднегодового значения концентрации того или иного вещества. Поэтому по нему можно оценивать уровень хронического и длительного загрязнения атмосферного воздуха. Показание, варьирующееся между 7 и 14, принято считать «высоким». «Очень высоким» ИЗА является после значения 14.

В XXI в. достигнут предельный уровень воздействия транспортных выбросов на здоровье человека. Результаты исследований показывают, что попадание загрязнителей в живой организм воздушно-капельным путем несет большую опасность, чем-то же попадание с водой, пищей и с грязных рук. Проходя через дыхательные пути, вредные вещества минуют печень, что способствует их лучшей всасываемости. Также воздух загрязнен огромным количеством токсичных веществ, которые потенциально могут образовывать новые еще более опасные соединения [1].

Большую угрозу жизни и здоровью представляет ряд выбросов автотранспорта: диоксид азота, серы и углерода, формальдегид, предельные углеводороды, бенз(а)пирен.

Более 50% угарного газа в атмосфере выпадает на долю автотранспорта. Торможение и ускорение повышает концентрацию СО в 2-3 раза [2]. Оксид углерода оказывает негативное влияние на клетки нашего организма, нарушая тканевое дыхание. Он быстрее кислорода попадает в кровь и, соединяясь с гемоглобином, образует карбоксигемоглобин. Именно это вещество вызывает гипоксию путем блокировки передачи кислорода клеткам. Также оксид углерода опасен тем, что при вступлении в окислительные реакции нарушает биохимический баланс тканей.

Сернистый газ имеет много побочных реакций. Появляется хрип, кашель и сильная боль в горле. От него в первую очередь страдают верхние дыхательные пути, вместе с тем поражая печень и желудок. Также SO₂ вызывает вегетативно-сосудистую дисфункцию, нередко случаются расстройства речи, удушье, рвота, вплоть до отека легких.

Диоксид азота способен раздражать слизистые оболочки организма. Появляется сухость, першение в горле, возможно ослабевание обоняния и зрения. В темноте адаптироваться становится труднее. Кроме того, отравление этим веществом может привести к сильной головной боли, тошноте, повышенному потоотделению, нарушениям ЖКТ, слабости и вялости, а также к помутнению рассудка. Судороги и обмороки проявляются в крайне тяжелом состоянии. Влияние NO на организм зависит от концентрации в воздухе. 0,001% вызывает раздражение слизистых оболочек носа и глаз, при 0,002% начинается кислородное голодание, уже при 0,008% человека ждет отек легких.

Дым, выделяемый при работе дизельных двигателей, является особо опасным возбудителем рака, поскольку состоит в основном из сажи. Неполное сгорание и термическое разложение углеводородов топлива приводит к образованию сажи. При вдыхании ее частицы вызывают негативные изменения дыхательной системы человека, происходят ухудшения течения хронических болезней. В первую очередь страдают легкие, нарушается кровообращение. Большой вред здоровью наносится, когда на поверхности сажи появляется бенз(а)пирен. Это один из самых токсичных канцерогенов. Он способен внедриться в ДНК, вызвав тем самым мутации и необратимые последствия для потомков. Также в свою очередь бенз(а)пирен вызывает образование злокачественных опухолей [3].

Одним из веществ, входящих в состав выхлопных газов, является формальдегид. Зачастую использование данного вещества несет высокий риск появления онкологических заболеваний. Об этом заявило Международное агентство по исследованию рака, которое входит во Всемирную организацию здравоохранения. Результаты исследований доказывают непосредственную связь с развитием лейкоза.

Формальдегид часто используется в быту, его применение можно обнаружить в различных сферах жизни, однако он оказывает чрезмерно пагубное влияние на организм человека. Его прямое воздействие приводит к раздражению всех слизистых оболочек, поражению дыхательной и центральной нервной системы. В частности, происходит спазм и отек гортани, кашель и одышка, бронхит и пневмония. Если он попадает на кожу, возможно появление некроза отдельных участков. При попадании внутрь возникают ожоги пищевода, жжение во рту в сопровождении рвоты с кровью. Высокая концентрация способна ввести человека в кому.

Промышленные и транспортные выбросы распространяются по всей планете, попадают в почву и воду. Заболевания сердца и сосудов, онкология и бесплодие – последствия не только неправильного образа жизни и генетики. Также наблюдаются нарушения со стороны деятельности ЖКТ, щитовидной железы и коры надпочечников [4].

Начинать решение актуальных проблем необходимо с тщательного исследования, которое включает в себя [5, 6]:

- изучение уровня загрязнения атмосферного воздуха за последние 5 лет и составление карты территориального распространения вредных веществ;
- установление зависимости фактора заболеваемости от количества загрязнения окружающей среды в динамике;
- проведение практического обследования конкретного представителя города;
- проведение анализа связи между концентрацией выбросов и заболеваемостью;
- планирование и прогнозирование количества болезней при изменении экологической обстановки;
- разработка медицинской концепции реабилитации населения города;
- на основании полученных данных внедрение оздоровительных мероприятий, направленных на улучшение положения.

Экология транспорта непрерывно занимается минимизированием количества загрязнений и прочих негативных последствий транспорта. Есть несколько вариантов решения данного вопроса.

1. Использование альтернативного вида топлива, которое требует меньшего расхода. Поскольку известна связь между расходом топлива и количеством углеродосодержащих соединений, которые выделяются вместе с отработавшими газами.

2. Широкое использование электротранспорта. Электромобили легко приспособляются к ритмам городов, несложны в обслуживании и, главное, полезны для экологии.

3. Рассмотрение использования экологически более чистого вида транспорта и создание комфортных условий передвижения на нем. Однако на практике его применение пока тяжело осуществимо.

4. Развитие и распространение общественного транспорта, также электрического.
5. Энергосберегающие системы.
6. Снижение уровня создаваемого шума.
7. Экологически правильные методы переработки отходов, образующихся в процессе транспортировки.
8. Ограничение въезда в город грузового транспорта.
9. Регулярное проведение дорожных ремонтных работ.
10. Увеличение количества подземных парковок города.

На практике также создана эффективная концепция экологического транспорта – интермодальные перевозки. Суть заключается в том, что на всех этапах транспортировки грузы перевозятся в одном контейнере [7].

Немаловажным мероприятием снижения экологической нагрузки является озеленение магистралей и свободных территорий городов.

Подведем итог всему вышесказанному. Загрязнение окружающей среды является одной из глобальных проблем. Выхлопные газы и шум создают для нее большую нагрузку. Токсичные соединения отравляют живые организмы. Углекислый газ, метан и оксиды азота провоцируют изменение климата и погодные аномалии. Качество окружающей среды формирует основу здоровья населения, которое непосредственно влияет на социально-экономическое, культурное и интеллектуальное развитие страны.

Список используемых источников

1. Гуськов А.А., Залукаева Н.Ю., Горюшинский В.С. / Экологическая безопасность на транспорте. Тамбов: ТГТУ, 2018. 100 с.
2. Гуськов А.А., Кошелев С.П. Оценка воздействия автомобильного транспорта на экологию г. Тамбова // Техника и технология транспорта. 2022. № 3 (26).
3. Духно Н.А. Экология на транспорте и здоровье человека // Вестник Академии права и управления. 2019. С. 21-28.
4. Кулакова А.Г., Гуськов А.А., Круценко Е.М. Экологические проблемы автотранспорта // Новая наука: история становления, современное состояние, перспективы развития. Уфа: ООО «ОМЕГА САЙНС», 2017. С. 24-27.

5. Лим Т.Е. Влияние транспортных загрязнений на здоровье человека. Обзор литературы // Экология человека. 2010. С. 4-9.
6. Намазов А.К. Пискун О.Е., Намазов К.А. Влияние внешней среды на организм человека // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. С. 955-964.
7. Подгорнова Н.А. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения // Молодой ученый. 2016. № 22.2 (126.2). С. 48-50.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОПЛИВОПРОВОДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ТОПЛИВОПОДАЮЩИХ СИСТЕМ АККУМУЛЯТОРНОГО ТИПА АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Свещинский В.О. – к.т.н., доцент, Алтайский государственный
технический университет имени И.И. Ползунова*

Аннотация

Рассмотрены некоторые вопросы проектирования топливопроводов высокого давления топливных систем аккумуляторного типа двигателей внутреннего сгорания. Сделан акцент на конструктивном оформлении уплотнительных элементов, прочности и надежности. Приведены данные о свойствах используемого трубного проката, о соотношениях твердостей контактируемых деталей.

Топливопроводы высокого давления (далее – ТВД) являются одним из наиболее ответственных компонентов топливоподающих систем аккумуляторного типа (далее – ТПСАТ). Они представляют собой трубчатые конструкции с уплотнительными элементами в местах присоединения к ответным деталям. Пространственная форма ТВД определяется местом его размещения на двигателе.

Различают ТВД 1-го и 2-классов. Первые предназначены для испытания ТНВД и имеют более жесткие допуски на величины наружного и внутреннего диаметров, вторые - для использования в составе топливных систем двигателей.

Проектирование ТВД сводится к определению их пространственной формы – к так называемой трассировке на двигателе с учетом обстановки – расположения агрегатов, других трубопроводов и т.п. – с выявлением необходимости и точек промежуточного крепления, а также к выполнению мест присоединений.

Конструктивное решение мест присоединений представляет большой интерес в том случае, если их форма и размеры отличаются от стандартных. С точки зрения производства, оптимальным является максимально возможная унификация.

Проектирование ТВД, как и любых элементов топливной аппаратуры, требует от конструктора хорошей теоретической и практической подготовки, аккуратности, внимательности к деталям и терпения.

Наиболее распространенной является конструкция с уплотнительными элементами, полученными высадкой концов трубки, и использованием в качестве резьбовых элементов гаек с метрической резьбой. Такой вариант показан на рис. 1.

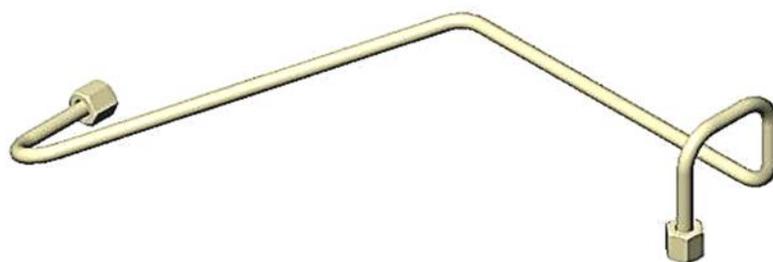


Рис. 1. ТВД двигателя КАМАЗ-740

На рис. 2 в качестве примера показаны уплотнительные элементы ТВД автомобильного двигателя. Возможно также решение уплотнительных элементов по схеме, реализуемой, в частности, на двигателях КАММИНЗ КАМА (см. рис. 3).

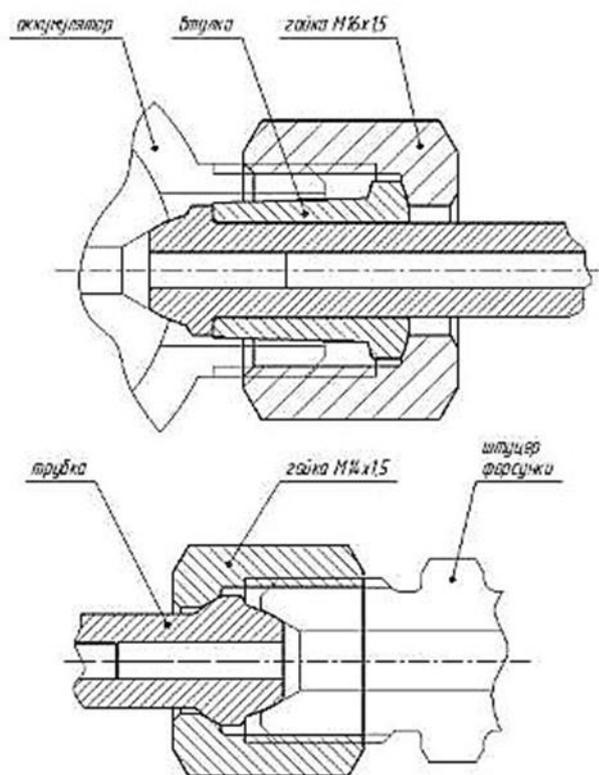


Рис. 2. Уплотнительные элементы ТВД

Для обеспечения герметичности соединений, работающих под высоким давлением, наиболее надежным является соединение типа «сталь по стали», без использования прокладок и герметиков. В системах с давлением до 140 МПа, где место присоединения ТВД к штуцеру выполняли в виде двух соосных конусов с углом распада, не превышающим 3° , причем меньший угол соответствовал трубке, а больший – ответной детали.

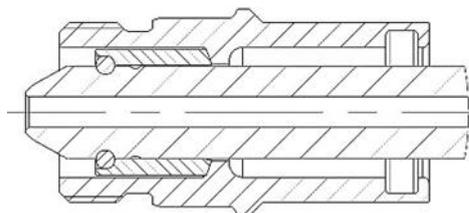


Рис. 3. Уплотнительный элемент ТВД двигателя КАММИНЗ КАМА

К недостаткам соединения этого типа относится необходимость совпадения оси последнего луча ТВД и оси конуса в ответной детали. Применявшиеся ранее ТВД были сравнительно мягкими и допускали подгибку на двигателе или макете. В ТПСАТ подгибка, практически, исключена, что ограничивает применение подобных соединений.

В ТПСАТ эффективными показали себя так называемые линзовые соединения, где криволинейная поверхность уплотнительного элемента ТВД контактирует с поверхностью прямого кругового конуса, выполненного в ответной детали. При этом ТВД имеет вторую полусферу, контактирующую с прямым круговым конусом гайки (см. рис. 4). Для такого соединения характерна меньшая чувствительность к неточностям при гибке.

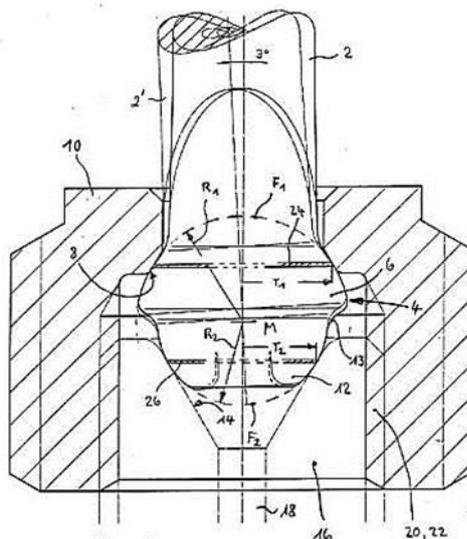


Рис. 4. Пример линзового соединения ТВД [8].

Следует стремиться к унификации основных конструктивных элементов ТВД, в первую очередь уплотнительных. Это необходимо для сокращения номенклатуры штамповой оснастки и обеспечения высадки концов максимальной номенклатуры ТВД на одном прессе.

Требования к уплотнительным элементам правильно собрать в нормативном документе. Обычно на сборочном чертеже ТВД высаженную часть указывают выносным элементом, а в технические требования вносят запись типа «Выносные элементы «А» выполнять в соответствии с пунктами » и указывают обозначение нормативного документа. В габаритных чертежах, подлежащих согласованию с потребителем, требования к уплотнительным поверхностям могут быть указаны непосредственно на поле чертежа.

При высадке конца трубы происходит сужение центрального отверстия в зоне его выхода на торец (см. рис. 5).



Рис. 5. Изменение формы отверстия при высадке конца трубы

Отверстие после высадки рассверливают на глубину от 10 мм до 15 мм. Диаметр рассверливания превышает внутренний диаметр трубы в состоянии поставки на (0,1-0,2) мм. Требование к рассверливанию конца трубы должно быть отражено в конструкторской документации.

Рассверливание может быть полезно для исключения концентратора напряжений на внутренней поверхности трубы. Высадка концов трубы представляет собой осаживание. Известно, что в ряде случаев полые цилиндры при осаживании могут потерять устойчивость, что приведет к искажению внутреннего отверстия с образованием складки [7]. Стальная бесшовная труба, применяемая для изготовления ТВД, подчиняется общим закономерностям осаживания. Глубина складки зависит от ряда факторов, в том числе свойств материала, соотношения толщины стенки заготовки и величины хода пуансона. Исследования ТВД различных производителей показывают, что образование складки наблюдается во всех рассмотренных конструкциях (см. рис. 6).

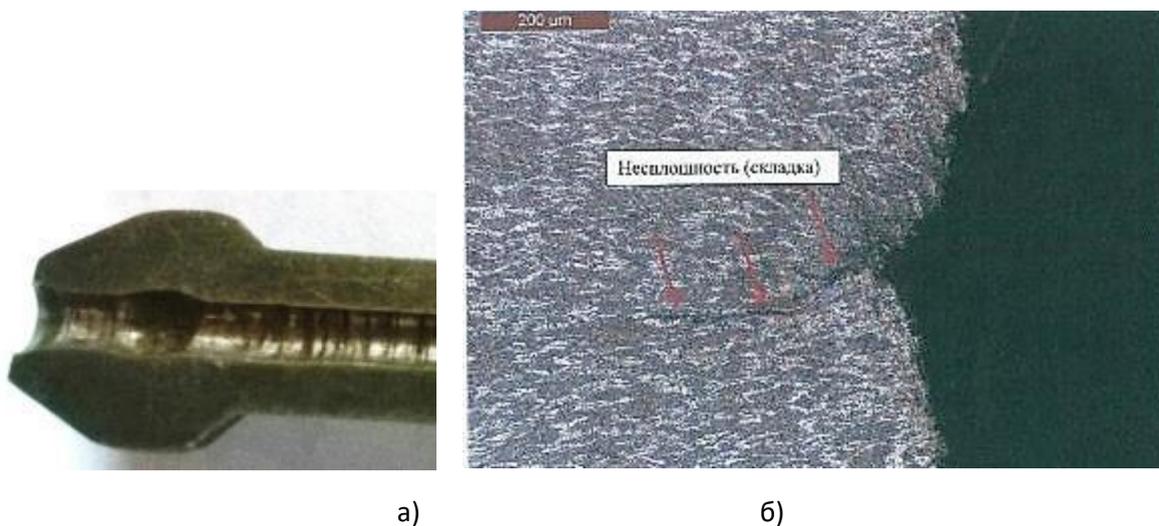


Рис. 6. Складки на внутренней поверхности высаженных концов ТВД
 а – труба 7хвн.2 (прокат Первоуральского новотрубного завода),
 б – труба 8хвн.3 (прокат Первоуральского новотрубного завода),
 в – труба 8хвн.3 (ТВД производства DENSO Corp.)

Перед началом проектирования конструктору необходимо сформулировать и согласовать с поставщиком требования к трубному прокату, который он планирует использовать для изготовления ТВД.

С повышением давления впрыска, требования к ТВД возрастают. Применявшийся для топливных систем прошлых поколений трубный прокат из стали 20А, предусмотренный межгосударственным стандартом [1], для ТВД современных ТПСАТ не подходит.

В России параллельно с межгосударственным стандартом (12) действует национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 8535-1-2017, определяющий требования размеры и требования к бесшовным холоднодеформируемым стальным трубам для обоих классов [2].

В качестве источника базовых требований к трубному прокату для ТВД ТПСАТ может быть использован только (13) или согласованные с поставщиком трубного проката технические условия (далее – ТУ) на поставку. ТУ могут только ужесточать требования [2], дополнять их. Целесообразно включать, например, требования к наличию и величине обезуглероженного слоя и к величине угла пружинения для партии труб и т.д.

В [2] не оговорены марки материала. Потребитель может целенаправленно потребовать изготовления ТВД, например, из стали типа Г17 или 08Х18Н10Т. Конструктору необходимо учитывать специфические риски последствий таких требований, с точки зрения возможных дефектов стального проката. В табл. 1 в качестве справочных данных приведена информация о некоторых материалах ТВД ТПСАТ.

Табл. 1

Материалы, применяемые некоторыми поставщиками трубного проката

Параметр	GUIDO GmbH, Германия	Edelstahl Zieherei Mark, Германия (для давлений ≥ 3000 кг/см ²)	Jiangsu Wujin Stainless Steel Pipe Group Co., Ltd., Китай	Shandong Longkou Oil Pipe Co., Китай
Обозначение	St70BK	20MnCrMo7		St52
Химический состав	C=0,18%; Mn=1,54%; Si=0,09%; S=0,005%	C=0,21; Si=0,45; Mn=1,7; S=0,00012; N=0,0018; Cr=1,55; Mo=1,55; Nb=0,001; Ti=0,03	C=0,13; Si=0,39; Mn=1,46; P=0,014; S=0,01; Cr=0,06; Ni=0,01; Cu=0,02	C=0,13%; Mn=1,46%; Si=0,39%; P=0,14%; S=0,1%; Cr=0,06%; Ni=0,01%; Cu=0,02%

Типовая технология производства проката для ТВД включает несколько термообработок, в том числе нагрев до температуры от 920^oC до 950^oC в защитной атмосфере. Если при термообработке проката из углеродистой стали имеет место нарушение состава атмосферы, например, подмешивание воздуха, происходит обезуглероживание поверхностных слоев заготовки.

Если в качестве материала для изготовления трубы используется нержавеющая сталь, наличие загрязняющих примесей при термообработке может вызвать неконтролируемую науглероженность поверхности, что также нежелательно. В процессе производства может происходить также окисление и растравливание по границам зерен металла. Вследствие нарушений технологии

возможно попадание посторонних включений в сталь. Это приводит к тому, что в эксплуатации может произойти разрыв ТВД (см. рис. 7).



Рис. 7. Лопнувшая трубка ТВД

Выбор группы прочности трубного проката выполняют, исходя из уровня максимального давления топлива в ТВД. Например, давления топлива до 180 МПа достаточен прокат 4-ой группы прочности без дополнительного упрочнения.

В России действует национальный стандарт [3], регламентирующий нормы и методы расчета на прочность труб и деталей трубопроводов, предназначенных для работы под внутренним давлением от 100 МПа до 320 МПа. При проектировании целесообразно выполнять проектные расчеты на прочность по методикам, указанным в [3], с последующим проведением длительных (не менее 1000 часов) испытаний ТВД на стенде с прокачкой топлива под давлением, соответствующим номинальному значению давления при эксплуатации двигателя.

В [3] рассмотрен вопрос об упрочнении трубопроводов – так называемом автофреттировании или автоскреплении. В настоящее время работы по применению автофреттирования автокомпонентов в России находятся в начальной стадии.

Автофреттирование повышает твердость внутренних слоев трубки ТВД, но не влияет непосредственно на твердость поверхностей уплотнительных элементов. При автофреттировании необходимо избежать пластической деформации уплотнительных элементов.

Как правило, высадка концов происходит на холодную. В первом приближении твердость высаженных концов определяется исходным состоянием трубной заготовки и добавкой, обусловленной степенью

пластической деформации и соответствующего упрочнения при посадке. Конструктор может влиять на нее только косвенно – через степень деформации при посадке, то есть через форму посаженной части. Этим влиянием можно пренебречь, поскольку, как показывает практика, большинство конструкторов почти не владеют специальными методами расчетов из области обработки металлов давлением и не могут проектировать устанавливаемые концы ТВД, исходя из уровня желаемой твердости.

В распоряжении конструктора есть только опытные данные – результаты испытаний твердости на шлифах установленных концов. Основным инструментом для изменения соотношения твердостей ТВД и ответной детали является твердость именно и только ответной детали. Задаваясь известной твердостью посаженной части ТВД и приняв решение об оптимальном соотношении твердости контактируемых поверхностей, конструктор задает твердость ответной детали.

Вопрос об общем для всех случаев оптимальном соотношении твердостей уплотнительной поверхности ТВД и контактирующей с ней поверхности ответной детали нельзя считать окончательно разрешенным. Сравнительный анализ требований, задаваемых различными производителями ТПСАТ, показывает рассеяние используемых соотношений величин твердости ТВД и ответных деталей [6]. В табл. 2 приведены значения микротвердости, измеренные для ТВД нескольких производителей. Замеры выполняли в районе запорного диаметра, на шлифе, на глубине от 0,1 мм до 0,25 мм от контактной поверхности. В табл. 3 приведены значения твердости ответных деталей. Работы проводили в металлографической лаборатории ООО УК «АЗПИ» (инженер Шахурин И.С.).

Можно предположить, что выбор соотношения твердостей в сопряжении ТВД с ответными деталями делают, исходя из того, какой компонент выгоднее заменять при техническом обслуживании. Поставщики двигателей в руководствах по эксплуатации и обслуживанию указывают не только моменты затяжек резьбовых элементов ТВД, но и общее количество снятий-установок.

Табл. 2

Твердость в продольном сечении ТВД в районе запорного диаметра

Изготовитель трубного проката и ТВД, применение ТВД	Твердость, HRC
Изготовитель проката и ТВД: GUIDO GmbH; двигатели ПАО «КАМАЗ»	33,0
Изготовитель проката и ТВД: SHANDONG LONGKOU; двигатели ПАО «КАМАЗ»	29,5
Прокат: ОАО «ПНТЗ». ТВД – ООО УК «АЗПИ»; двигатели ПАО «КАМАЗ»	26,4
Прокат: POPPE UND ROTTHOFF GmbH. ТВД – ООО УК «АЗПИ»; двигатели ПАО «КАМАЗ»	30,5
Изготовитель: DENSO Corp.	37,2

Табл. 3

Твердость штуцеров и топливных аккумуляторов

Деталь, изготовитель, применение	Твердость, HRC
Ввертной штуцер секции высокого давления. ООО УК «АЗПИ»; двигатели ПАО «КАМАЗ»	27...32
Штуцер секции высокого давления (изготавливается заодно с секцией). ООО УК «АЗПИ»; двигатели ПАО «КАМАЗ»	40...45
Топливный аккумулятор. Поковка: Кузнечный завод «КАМАЗ». двигатели ПАО «КАМАЗ»	235...277
Топливный аккумулятор. Поковка: Bosch GmbH, двигатели «MAN»	28
Штуцер форсунки. ООО УК «АЗПИ», двигатели ПАО «КАМАЗ»	27...32
Штуцер форсунки. Изготовитель: Bosch GmbH, двигатели ПАО «КАМАЗ»	34,2

Величина момента затяжки резьбовых элементов ТВД является косвенным показателем культуры производства, а его увеличение выполняется, главным образом, для того, чтобы компенсировать погрешности изготовления.

Рекомендации по принудительной замене основаны на опыте эксплуатации и связана с достижением соединением предельного состояния второй группы, что может проявиться в потере герметичности соединения, течи топлива на горячие части двигателя и его последующем воспламенении.

Действительная зона контакта между уплотнительной частью ТВД и ответной деталью в любых соединениях представляет собой поверхность конечной ширины, форма и размеры которой определяются механическими свойствами материалов контактирующих деталей, моментом затяжки резьбовых элементов ТВД и частотой вибраций в соединении. Исследования показывают, что уже после однократного нагружения – прижатия ТВД к ответной детали при затяжке резьбовых элементов регламентированным моментом – на контактирующих поверхностях возникает след (см. рис. 8). Имеет место упруго-пластическое взаимодействие тел с формированием так называемого пятна

контакта, что хорошо видно по рис. 8. Появление блеска в зоне контакта свидетельствует об уменьшении шероховатости – микрорельеф обеих поверхностей обминается. Это подтверждается результатами проведенных исследований.

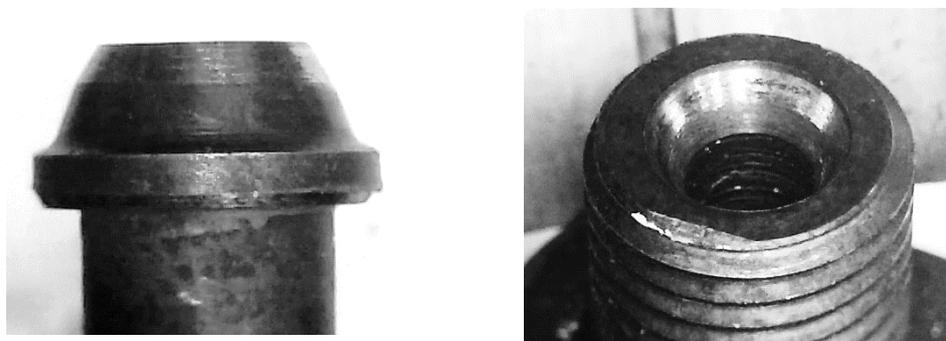


Рис. 8. Следы контакта ТВД и штуцера, (15)

Во время работы двигателя ТВД испытывают вибрацию, будучи при этом жестко заземленными по концам. Чем больше общая длина ТВД и длина его отдельных участков, развернутых друг относительно друга, тем выше риск развития трещин в зонах, близких к высаженным концам. Такие ТВД должны иметь кронштейны для дополнительного крепления к двигателю. При необходимости ТВД могут быть скреплены между собой. Во избежание фреттинга кронштейны не должны непосредственно касаться ТВД: между ними должна быть установлена промежуточная эластичная вставка. Пример крепления ТВД к двигателю показан на рис. 9.

Полезная информация о возможных рисках и мерах по их предотвращению изложена, в частности, в монографии [4]. При выполнении проектных работ необходимо это учитывать.

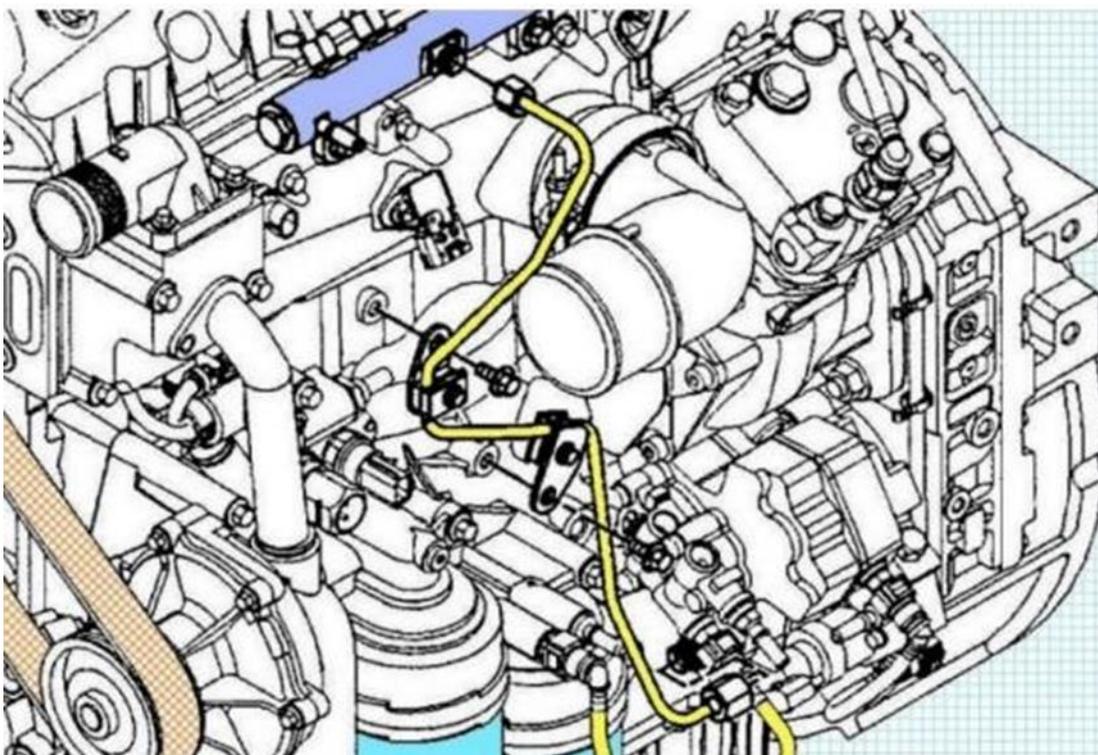


Рис. 9. Пример крепления ТВД к двигателю, [5]

Традиционно комплект конструкторской документации на ТВД включает:

- а) чертежи крепежных элементов (например, шайб, гаек и/или нажимных штуцеров),
- б) чертеж прямой заготовки трубки без высаженных конусов,
- в) спецификация и сборочный чертеж ТВД, трубка которого имеет заданную пространственную форму,
- г) габаритный чертеж ТВД для согласования с потребителем,
- д) контрольные карты,
- е) ведомости покупных изделий (при наличии).

В чертеже прямой заготовки трубки рекомендуется указывать габаритный размер длины после высадки конусов. Размер заготовки под высадку рассчитывают технологи на основании предварительно выполненных опытно-технологических работ. Концы заготовки под высадку должны быть очищены от покрытия и иметь на кромке притупление (скругление или фаску) определенного размера (см. рис. 10).

Зачистка от покрытия, если трубный прокат имеет покрытие, необходима, чтобы частицы покрытия не оказались внедренными (шаржированными) в поверхность высаженной уплотнительной части.

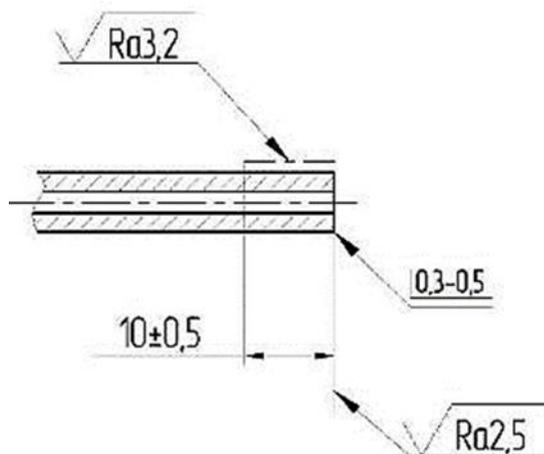


Рис. 10. Типовые технические требования к концам заготовки под высадку

Притупление на кромке заготовки под высадку требуется для установки заготовки в пуансон штампа по поверхности торца заготовки. В противном случае, форма высаженной части не будет соответствовать заданной в документации.

В графе «Материал» чертежа указывают обозначение трубы (проката) по ГОСТ Р ИСО 8535-1-2017 или согласованным с поставщиком техническим условиям.

Требования к выполнению сборочных чертежей ТВД различаются у разных разработчиков. В зависимости от традиций, существующих к конкретной фирме, ТВД может быть изображен в чертеже с установленными резьбовыми и защитными элементами или без них, но с указанием габаритных размеров ТВД.

Требуемая в ТПСАТ точность выполнения ТВД может быть обеспечена только гибкой на трубогибах с числовым программным управлением. Из-за жесткости трубок, подгибка ТВД на двигателе практически невозможна. В производстве необходимы трехмерные координаты гибов. Правильным является ввод координат в систему управления трубогибом из операционной карты технолога, а не из чертежа конструктора. Наличие в конструкторском чертеже таблицы координат гибов не является обязательным, но часто практикуется.

В сборочном и габаритном чертежах должны быть оговорены моменты затяжки резьбовых соединений и покрытие ТВД. При указании покрытия необходимо ввести запись о предохранении от покрытия внутренних и уплотнительных поверхностей ТВД. Двигатель после сборки и испытаний обычно красят. Покрытие на деталях топливной системы, в том числе на ТВД, должно обеспечивать не только защиту от коррозии в период до покраски, но и

хорошую адгезию краски. Для ТВД часто используют покрытия типа Цбхр, Хим.Фос.прм или Хим.Фос.прп.

Обязательным требованием в чертеже является недопущение следов коррозии, рисок, забоин, царапин и иных нарушений сплошности наружных и внутренних цилиндрических поверхностей, а также уплотнительных поверхностей в зоне запорного диаметра. На монтажном чертеже необходимо указать требование: «Подгибка топливопроводов высокого давления при затянутых гайках не допускается». Запись необходима независимо от того, возможна ли ручная подгибка на двигателе или нет.

Список используемых источников

1. Druckleitungsanschluss. – Пат. DE 4407306, 07.09.1995.
2. Башта Т.М. Гидравлические приводы летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1967. 497 с.
3. ГОСТ 11017-80 Трубы стальные бесшовные высокого давления. Технические условия. Дата введения 1981-01-01. Москва: Издательство стандартов, 1981. 6 с.
4. ГОСТ Р 55600-2013 Трубы и детали трубопроводов на давление свыше 100 до 320 МПа. Нормы и методы расчета на прочность. Дата введения 2014-05-01. Москва: ФГУП «Стандартинформ», 2015. 34 с.
5. ГОСТ Р ИСО 8535-1-2017 Двигатели дизельные. Стальные трубы для топливопроводов высокого давления. Часть 1. Требования к бесшовным холоднодеформируемым трубам. Дата введения 2018-07-01. Москва: ФГУП «Стандартинформ», 2017. 12 с.
6. Ефимов С.И., Иващенко, Н.А., Ивин, В.И. и др. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/ Под общей ред. А.С. Орлина и М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1985. 456 с.
7. Свещинский В.О. Рациональное соотношение твердостей деталей топливной аппаратуры в условиях статического нагружения. / Свещинский В.О., Бобров С.П. // Тракторы и сельхозмашины. 2020. №2. С. 70-77.
8. Тарновский И.Я. и др. Теория обработки металлов давлением. (Вариационные метода расчета усилий и деформаций). М.: ГНТИ литературы по черной и цветной металлургии, 1963. 674 с.

СОГЛАСОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ РАБОЧЕГО ТЕЛА ПРИ ТЕПЛОВОМ РАСЧЁТЕ ДИЗЕЛЯ

Стефановский А.Б. – к.т.н., доцент, Мелитопольский государственный университет

Аннотация

Для совмещения несовпадающих значений максимальной температуры рабочего тела в цикле дизеля, полученных двумя способами, предлагается скорректировать принятое первоначально значение коэффициента использования теплоты при сгорании (КИТС). Для 22 рабочих и расчётных циклов дизелей сформирован и проанализирован массив числовых данных о КИТС и других параметрах теплового расчёта. Охарактеризованы регрессии КИТС на ряд этих параметров, а также на максимальную температуру рабочего тела. Приведен пример выбора значений КИТС с помощью этих регрессий для двух моделей дизелей.

В учебном пособии [1], материал которого основан на источниках [2–6] и др., предлагается вычислять максимальную температуру рабочего тела (МТРТ) в цикле со смешанным подводом теплоты, имитирующем рабочий цикл дизеля, двумя способами. Первый из них основан на решении квадратного уравнения, правильный корень которого равен искомой максимальной температуре T_z . Другой способ, основанный на уравнении состояния идеального газа [5], используется для уточнения значения МТРТ (оно обозначается T_{\max}) и отыскания соответствующего объёма $V_{T_{\max}}$ при допущении, что физико-химические процессы с участием топлива не искажают это уравнение существенно. В примерах [1] теплового расчёта двух дизелей (обозначенных 8Ч 14/16 и 6ЧН 14/16) значения максимальной температуры T_z и T_{\max} не совпадают, и в методическом отношении такая неопределённость в одном из важных результатов теплового расчёта дизеля нежелательна. Величина коэффициента использования теплоты при сгорании (КИТС) ξ_z влияет на результат вычисления T_z , а выбор этой величины основан на использовании линейной функции [1], связывающей КИТС и номинальную среднюю скорость поршня (ССП) дизеля. Хотя эта функция учитывает известные рекомендации [7] о выборе ξ_z , она непосредственно не основана на опытных данных. Поэтому необходимо проверить, согласуется ли она с опубликованными результатами исследований циклов различных дизелей.

Цели работы – предложить простой способ совмещения альтернативных значений максимальной расчётной температуры рабочего тела в цикле со

смешанным подводом теплоты и рабочем цикле дизеля; охарактеризовать влияния постоянных параметров теплового расчёта дизеля на значения параметра, обеспечивающие такое совмещение ($T_z = T_{\max}$) в конкретных рабочих и расчётных циклах.

Результаты и их обсуждение

1. Выбор корректируемого параметра. Значение максимальной температуры T_{\max} считается уточнённым (с помощью уравнения состояния идеального газа – применительно к расширению рабочего тела), и нужно, чтобы оно было корнем квадратного уравнения, решение которого позволило прежде вычислить значение T_z :

$$a_z T_{\max}^2 + b_z T_{\max} - c_{z(1)} = 0, \quad (1)$$

где a_z , b_z и c_z – числовые коэффициенты, зависящие от коэффициента избытка воздуха (КИВ) $\alpha_{\text{ив}}$ и ряда других факторов; $c_{z(1)}$ соответствует температуре T_{\max} (тогда как $c_{z(0)}$ соответствовал температуре T_z ; очевидно, что $c_{z(1)} \neq c_{z(0)}$). Так, коэффициенты a_z и b_z для бедных топливо-воздушных смесей, типичных для дизелей, определяются по выражениям [1]:

$$a_z = 0,001(1,55 + 1,38/\alpha_{\text{ив}}); \quad (2)$$

$$b_z = 28,414 + (0,92/\alpha_{\text{ив}}), \quad (3)$$

а коэффициент c_z (Дж/моль) – по более сложному выражению:

$$c_z = \frac{1}{\beta} \left(\frac{\xi_z Q_{\text{HT}}}{M_1 (1 + \gamma_r)} + (\mu c_v' + 8,314 \lambda_z) T_c \right), \quad (4)$$

где β – действительный коэффициент молекулярного изменения (зависящий, в основном, от КИВ и содержания водорода в топливе); ξ_z – коэффициент использования теплоты при сгорании (КИТС); $Q_{\text{HT}} = 42500$ кДж/кг – низшая теплота сгорания топлива; $M_1 \approx 0,5 \alpha_{\text{ив}}$ – действительное количество воздуха, участвующее в сгорании, кмоль/кг; γ_r – коэффициент остаточных газов (КОГ, зависящий от параметров заряда при газообмене и степени сжатия ε); $\mu c_v'$ – средняя удельная изохорная теплоёмкость свежего заряда, кДж/(кмоль*К), являющаяся линейной функцией расчётной температуры T_c рабочего тела в конце сжатия [1]; λ_z – степень повышения давления (СПД) при сгорании, равная отношению двух значений давления (максимального p_z и в конце сжатия p_c). На параметры ξ_z , γ_r , λ_z , а также температуру T_c влияет частота вращения коленчатого вала (ЧВКВ) n , в соответствии с нечёткими статистическими зависимостями [1], а КОГ вычисляется, как показано далее. Также на СПД λ_z влияют давление

наддува p_k [5] и (менее чётко) угол опережения впрыскивания топлива θ .

В принятой схеме теплового расчёта дизеля [1] заданными параметрами являются такие, как степень сжатия ε , КИВ $\alpha_{\text{ИВ}}$, ЧВКВ n , а также угол θ . Отдельно задаются значения температуры атмосферного воздуха T_0 (влияющей на температуру рабочего тела, в том числе T_c), свойств дизельного топлива (в том числе $Q_{\text{нт}}$) и давления наддува p_k (для дизеля с турбонаддувом – если $\varepsilon < 16$; обязательно при более высокой степени сжатия). Так как перечисленные параметры являются внешними ограничениями для рабочего процесса дизеля, то корректировку их заданных значений ради совмещения альтернативных значений МТРТ нельзя считать правильной. Поэтому следует рассматривать корректировку значений других параметров расчёта – КИТС, СПД, КОГ, а также среднего показателя политропы сжатия (СППС) n_1 , влияющего на температуру T_c , связи которых с заданной ЧВКВ не являются строго функциональными: для данного значения ЧВКВ существует совокупность возможных значений КИТС, СПД, КОГ и n_1 , реализованных в различных дизелях. Это обстоятельство позволяет избежать обратной корректировки ЧВКВ, если для совмещения значений T_z и T_{max} потребуется изменить какой-то из перечисленных параметров или даже более одного из них (в дальнейшем изложении предполагается корректировка только одного из них). Критериями для выбора корректируемого параметра принимаются простота выполнения соответствующей корректировки и минимальность её величины (так как, если потребовалась бы корректировка исследуемого параметра на повышенную величину, то это может противоречить и допущению об отсутствии необходимости обратной корректировки ЧВКВ, и опытным данным).

Исключим из перечня корректируемых параметров КОГ γ_r , функционально связанный с рядом других постоянных параметров теплового расчёта, неявно зависящих от ЧВКВ. Преобразуем известную формулу для вычисления КОГ (при отсутствии влияния продувки цилиндра) [6]:

$$\gamma_r = \frac{(T_{0(\kappa)} + \Delta T_a) p_r}{T_r (\varepsilon p_a - p_r)} = \frac{T_{0(\kappa)} + \Delta T_a}{T_r \left(\varepsilon \frac{p_{0(\kappa)} - \Delta p_a}{p_{0(\kappa)} + \Delta p_r} - 1 \right)}, \quad (5)$$

где $p_{0(\kappa)}$ – опорное давление (атмосферное p_0 для дизеля без наддува, или p_k в противном случае); Δp_a и Δp_r – условно-постоянные потери давления при всасывании воздуха из впускного канала (когда цилиндр наполняется свежим

зарядом) и выталкивании продуктов сгорания из цилиндра в выпускной канал; ΔT_a – увеличение температуры всасываемого воздуха, вследствие его нагревания более горячими деталями дизеля; T_r – температура остаточных газов. Если даже не изменять величин параметров ε , $p_{0(k)}$ и $T_{0(k)}$ (для дизеля с турбонаддувом нужно на основе T_0 вычислить одним из двух способов температуру T_k наддувочного воздуха, а при необходимости его охлаждения рекомендуется принять температуру охлаждённого сжатого воздуха $T_{k(ОНВ)}$ в пределах 330...340 К [1]), то КОГ является функцией четырёх постоянных параметров (Δp_a и Δp_r , ΔT_a и T_r). Но, ввиду малости КОГ в дизелях (особенно с турбонаддувом), для совмещения значений T_z и T_{max} может потребоваться слишком большое изменение γ_r , противоречащее реальным свойствам рабочего тела. Исключение КОГ из перечня корректируемых параметров означает, что параметры Δp_a и Δp_r , ΔT_a и T_r также не будут корректироваться ради совмещения альтернативных значений МТРТ – тем более, что расчёт параметров рабочего цикла завершается вычислением нового значения температуры T_r (уточнённого независимо от расхождения значений T_z и T_{max}).

Таким образом, среди корректируемых параметров теплового расчёта дизеля остаются КИТС ξ_z , СПД λ_z и СППС n_1 . Но, согласно критерию простоты способа корректировки параметра, из этих трёх параметров нужно теперь исключить последний, который влияет на коэффициент c_z квадратного уравнения косвенно – через температуру T_c , равную $T_a \varepsilon^{n_1-1}$ (где T_a – температура рабочего тела в конце впуска, зависящая от $T_{0(k)}$, ΔT_a , T_r и КОГ [1]). Форма последнего выражения может затруднять вывод из формулы (4) выражения, определяющего скорректированный СППС. Поэтому рассмотрим корректировку значений КИТС и СПД, от которых на основании (4) коэффициент c_z зависит как линейная функция (умножим её на коэффициент β):

$$\beta c_z = a_\xi \xi_z + a_\lambda \lambda_z + \mu c_v T_c, \quad (6)$$

где a_ξ и a_λ – коэффициенты (имеющие ту же размерность, что и c_z):

$$a_\xi = \frac{Q_{HT}}{M_1(1 + \gamma_r)}; \quad a_\lambda = 8,314 T_c.$$

Учитывая (6), выразим корректируемый коэффициент $c_{z(1)}$ из квадратного уравнения (1), обе части которого умножены на коэффициент β , для двух случаев, когда корректируется КИТС ($\xi_z = \xi_{z(1)}$) и СПД ($\lambda_z = \lambda_{z(1)}$):

$$\beta T_{\max} (a_z T_{\max} + b_z) = a_\xi \xi_{z(1)} + a_\lambda \lambda_z + \mu c'_v T_c; \quad (7a)$$

$$\beta T_{\max} (a_z T_{\max} + b_z) = a_\xi \xi_z + a_\lambda \lambda_{z(1)} + \mu c'_v T_c. \quad (7б)$$

Отсюда выразим скорректированные значения КИТС и СПД:

$$\xi_{z(1)} = (\beta T_{\max} (a_z T_{\max} + b_z) - a_\lambda \lambda_z - \mu c'_v T_c) a_\xi^{-1}; \quad (8a)$$

$$\lambda_{z(1)} = (\beta T_{\max} (a_z T_{\max} + b_z) - a_\xi \xi_z - \mu c'_v T_c) a_\lambda^{-1}. \quad (8б)$$

Так как коэффициент a_ξ намного больше, чем a_λ (соответственно, около 50 и 8 кДж/моль), то величина коррекции КИТС может оказаться меньше, чем для СПД. Корректировка значений КИТС и частично СПД с помощью формул (8а) и (8б) выполнена для примеров теплового расчёта ряда транспортных дизелей [1, 5, 8, 10, 12, 14, 20, 21] и одного цикла (рис. 1 в приложении учебника [9]). Для диаграмм температуры рабочего тела и сведений о ней, полученных другими способами для дизелей [11, 13, 15, 16, 18, 22] и двух их циклов [24] (для установившегося режима работы и полной нагрузки двигателя), вычислялся КИТС $\xi_{z(1)}$, соответствующий известной температуре T_{\max} . Числовой материал приведен в таблице 1. Неопределённость величины СПД в ряде случаев объясняется неточностью использованных значений давления рабочего тела p_c . Если значения МТРТ T_z в источниках вычислялись с некоторыми отличиями от методики [1], то они были пересчитаны согласно последней. Значения температуры T_c , найденные приближённо на диаграммах изменения температуры или с помощью опубликованных табличных данных, выделены курсивом. Если в источниках не приводилось значение КОГ, то использовались предполагаемые интервалы его изменения.

Из таблицы 1 видно, что корректировка значений КИТС и СПД приводила к их снижению по отношению к первоначально принятым, но относительные отклонения КИТС оказались намного меньше, чем относительные отклонения СПД. Повышенные величины последних привели к тому, что скорректированные значения СПД слишком низкие и противоречат опыту дизелестроения (исключения – дизель 6ЧН 14/16 и, возможно, два дизеля 12/12 в примерах [20]). В связи с этим, количество циклов, для которых корректировалась СПД, было ограничено пятью, а для других циклов проводилась только корректировка КИТС. Большинство значений КИТС $\xi_{z(1)}$, как полученных корректировкой $\xi_{z(0)}$, так и вычисленных для T_{\max} , находится в интервале 0,55...0,75; в трёх случаях они находятся в интервале 0,75...0,84 и ещё в пяти случаях $\xi_{z(1)} < 0,55$. Информация,

помещённая в таблице 1, проанализирована далее с помощью графиков, иллюстрирующих влияние разных факторов на КИТС для совокупности из 22 циклов дизелей (расчётных и эмпирических).

Табл. 1

Корректировка значений КИТС и СПД для расчётных и рабочих циклов дизелей

Наименование, обозначение, единица измерения	Величина для дизеля				
	Ч 12/12	8ЧН 13/13,8	8Ч 14/16	6ЧН 14/16	ЧН 18/20
Источник информации	[8]	[10]	[1]	[1]	[5]
Номер точки на графиках	1	2	3	4	5
Исходные данные:					
степень сжатия ε	16,5	16,5	17	14	13,5
ЧВКВ n , 1/мин	2200	2300	2000	1700	1800
КИВ $\alpha_{ив}$	1,6	1,55	1,5	1,8	2,025
Сред. скорость поршня, м/с	8,8	10,6	10,7	9,1	12,0
Постоянные параметры:					
КИТС $\xi_{z(0)}$	0,85*	0,82	0,665	0,700	0,91*
СПД λ_z	1,66...1,77	1,6	1,777	1,695	1,38
КОГ γ_r	0,042**	0,027**	0,0270**	0,0292**	0,025...0,03
Расчётные параметры:					
T_c , К	923	985	965	972	1049
T_z , К	нет данных	2193****	2023	1940	нет данных
T_{max} , К	2016	1,98*10 ³	1926	1923	1796
Скорректированный КИТС $\xi_{z(1)}$	0,748... 0,728	0,657	0,589	0,686	0,630... 0,633
Относит. отклон. КИТС, %	-12...-14	-20	-11,5	-2,0	-31
Скорректированная СПД $\lambda_{z(1)}$	0,975	0,538	1,252	1,615	-0,145... -0,124
Относит. отклон. СПД, %	-41...-45	-66	-30	-4,8	-110...-109
Наименование, обозначение, единица измерения	Величина для дизеля				
	Ч 24/36	4Ч 8,5/11	4Ч 8,5/11 (в)	6Ч 15/18	6ЧН 13/11,5
1	2	3	4	5	6
Источник информации	[11; 12]	[13]	[13]	[13]	[14]
Номер точки на графиках	6	7	8	9	10
Исходные данные:					
степень сжатия ε	14,4	17	17	15	15
ЧВКВ n , 1/мин	360	1500	1500	1500	2100
КИВ $\alpha_{ив}$	1,9	1,59	1,59	1,9	1,8

Продолжение табл. 1

Сред. скорость поршня, м/с	4,3	5,5	5,5	9,0	8,05
1	2	3	4	5	6
Постоянные параметры:					
КИТС $\xi_{z(0)}$	0,8	нет данных	нет данных	нет данных	0,70
СПД λ_z	1,76	1,85	1,6***	1,58	1,47
КОГ γ_r	0,036**	0,035	0,045	0,03...0,04	0,015**
Расчётные параметры:					
T_c , К	910	900	780	950	1090
T_z , К	1861	нет данных	нет данных	нет данных	2016****
T_{max} , К	$1,79 \cdot 10^3$	1680	1700	1740	1964
Скорректированный или расчётный КИТС $\xi_{z(1)}$	0,644	0,473	0,609	0,596... 0,601	0,658
Относит. отклон. КИТС, %	-20	не определялось			-6,0
Наименование, обозначение, единица измерения	Величина для дизеля				
	6Ч 13/14	4Ч 10,8/9,2	ЧН 14/14	8Ч 12/12	8ЧН 12/12
Источник информации	[15]	[16; 17]	[18; 19]	[20]	[20]
Номер точки на графиках	11	12	13	14	15
Исходные данные:					
степень сжатия ϵ	16	нет данных	15,5	17	17
ЧВКВ n , 1/мин	1900	3000	2200	2600	2600
КИВ $\alpha_{ив}$	1,35	1,69	1,85	1,4	1,7
Сред. скорость поршня, м/с	8,9	9,2	10,3	10,4	10,4
Постоянные параметры:					
КИТС $\xi_{z(0)}$	нет данных	нет данных	0,675*	0,82	0,86
СПД λ_z	1,8	1,82	1,248...1,214	2,0	1,5
КОГ γ_r	0,035...0,04	0,035...0,04	0,02...0,025	0,030**	0,030**
Расчётные параметры:					
T_c , К	879	950	987...1020	930	1071
T_z , К	нет данных	нет данных	нет данных	2304****	2219,5****
T_{max} , К	$1,73 \cdot 10^3$	$1,80 \cdot 10^3$	1665	2305	2191
Скорректированный или расчётный КИТС $\xi_{z(1)}$	0,469... 0,471	0,554... 0,556	0,546... 0,528	0,821	0,836

Продолжение табл. 1

Относит. отклон. КИТС, %	не определялось	-19...-22	+0,07	-2,8	
Наименование, обозначение, единица измерения	Величина для дизеля или рабочего цикла				
	16ЧН 26/26	12ЧН 13/13,5	Цикл №1	Цикл №2	Цикл №3
Источник информации	[21]	[21]	[9]	[24]	[24]
Номер точки на графиках	16	17	1с	2с	3с
Исходные данные:					
степень сжатия ε	13,5	15	12	10,5	14
ЧВКВ n , 1/мин	1000	2150	нет данных	нет данных	нет данных
КИВ $\alpha_{ив}$	2,0	1,9	1,9	1,5	2,0
Сред. скорость поршня, м/с	8,7	9,7	не определялась		
Постоянные параметры:					
КИТС $\xi_{z(0)}$	0,75	0,70	0,85	нет данных	нет данных
СПД λ_z	1,292	1,455	1,78	1,52	1,75
КОГ γ_r	0,0183**	0,0218**	0,03	0,025...0,03	0,02...0,025
Расчётные параметры:					
T_c , К	1025	1120	798	910	1100
T_z , К	1889,5****	1988****	$1,88 \cdot 10^3$	нет данных	нет данных
T_{max} , К	1833	1940	1785	$2,08 \cdot 10^3$	$1,70 \cdot 10^3$
Скорректированный или расчётный КИТС $\xi_{z(1)}$	0,698	0,657	0,733	0,774... 0,7775	0,409... 0,411
Относит. отклон. КИТС, %	-7	-6	-14	не определялось	

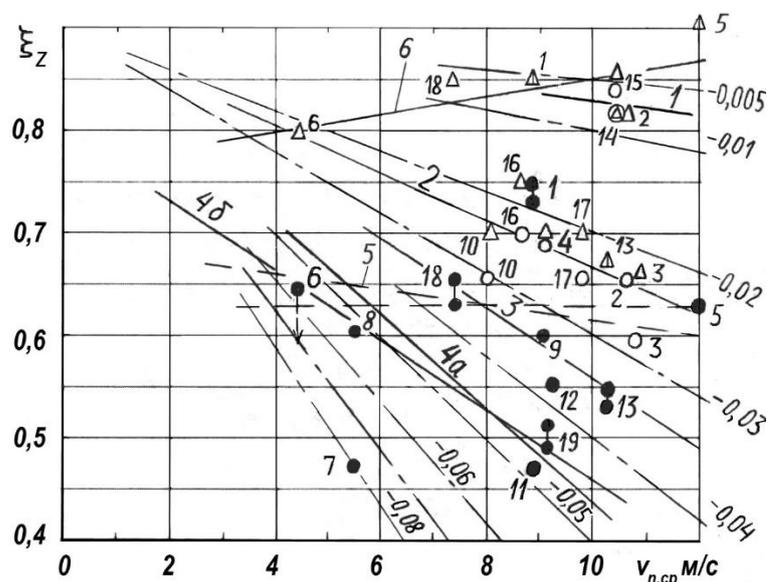
Примечания: * на основе значений количеств теплоты; ** расчётное значение; *** в среднем для объёма двухполостной камеры сжатия, «(в)» – вихрекамерный; **** по методике [1] (опубликованы значения 2140 К в [10], 1985 К в [14], 2280 и 2192 К в [20], 1905 и 2010 К в [21]); отношение T_{max}/T_z в среднем равно 0,95...0,96 при СКО около 0,03 и САОП около 3%.

В таблице 1 не указаны данные [22] для 1-цилиндровых отсеков тракторных дизелей 1Ч 14,5/20,5 и 1ЧН 15/16 (соответственно, $\varepsilon = 14$; $\alpha_{ив} = 1,6$; $n = 1070$ 1/мин; $\lambda_z \approx 1,59...1,67$; $T_{max} = 1874$ К; $\xi_{z(0)} = 0,85$; $\gamma_r = 0,037$ (с учётом [23]) и $\varepsilon = 14$; $\alpha_{ив} = 2,1$; $n = 1700$ 1/мин; $\lambda_z \approx 1,51...1,57$; $T_{max} = 1737$ К), для которых получены значения КИТС $\xi_{z(1)} = 0,660...0,634$ и $0,485...0,518$. Им соответствуют точки 18 и 19 на графиках.

2. Влияние различных факторов на КИТС. (I) Влияние номинальной средней скорости поршня дизелей. В литературе [7] (и др.) рекомендуется снижать величину КИТС $\xi_{z(0)}$, используемую в тепловом расчёте дизелей, при увеличении их быстроходности, характеризуемой номинальной средней скоростью поршня (ССП) $v_{п,ср}$, равной $1/30$ произведения значений хода поршня и номинальной ЧВКВ. На базе таких рекомендаций в пособии [1] предложено вычислять ориентировочное значение КИТС ξ_z с помощью линейной функции

$$\xi_z = 0,90 - b_{\xi v} v_{п,ср}, \quad (9)$$

где ССП выражается в метрах в секунду; $b_{\xi v}$ – угловой коэффициент, ориентировочно находящийся в пределах $0,02 \dots 0,03$ с/м. Для проверки целесообразности использования такой зависимости по данным таблицы 1 построен график рис. 1, иллюстрирующий влияние ССП как на первоначально принятый (в тепловом расчёте ряда дизелей) $\xi_{z(0)}$, так и на скорректированный или вычисленный КИТС $\xi_{z(1)}$. На графике им соответствуют треугольные и круглые точки (их номера соответствуют моделям дизелей, перечисленным в указанной таблице). При этом светлые круглые точки соответствуют выполненному тепловому расчёту ряда дизелей, а тёмные – значениям $\xi_{z(1)}$, не связанным с тепловым расчётом.



Круглые точки для $\xi_{z(1)}$, треугольные – для $\xi_{z(0)}$; стрелка под точкой 6 показывает её смещение, если поршень снабжён покрытием [11]. Линии: 1–4 для подгрупп круглых точек, 5 – общий тренд для большинства круглых точек, 6 – для верхней подгруппы треугольных точек. Отрицательные числа – значения углового коэффициента в (9).

Рис. 1. Влияние номинальной средней скорости поршня дизелей на КИТС

Как видно на рис. 1, если выделить в общем поле точек ряд подгрупп («расслоить» это поле), то формулу (1) можно применять, используя своё усреднённое значение $b_{\xi v}$ для каждой подгруппы. Всего выделены четыре подгруппы с зависимой переменной $\xi_{z(1)}$ и две – с зависимой переменной $\xi_{z(0)}$, причём во втором случае лишь для одной из подгрупп можно применять формулу (1) (при $b_{\xi v} = 0,021$ с/м), а для малочисленной второй подгруппы методом наименьших квадратов (МНК) получена линейная функция с небольшим положительным угловым коэффициентом (линия 6).

Какие дизели относятся к той или иной подгруппе, можно определить с помощью номеров точек на рисунке (см. в таблице 1). Для четырёх подгрупп с зависимой переменной $\xi_{z(1)}$ с помощью МНК установлены следующие значения углового коэффициента $b_{\xi v}$ (с/м): 0,0068 (линия 1); 0,023 (линия 2); 0,034...0,035 (линия 3) и 0,047 (линия 4а). Однако 4-я подгруппа точек более точно описывается линией 4б, для которой свободный коэффициент линейной функции равен 0,8. Точка 7 (для дизеля 4Ч 8,5/11 с камерами сгорания ЦНИДИ) находится ниже линии 4а – на линии с $b_{\xi v} \approx 0,08$ с/м. Здесь и далее приводятся округлённые значения коэффициентов в формулах, описывающих регрессии, немного скорректированные для сближения верхнего и нижнего пределов относительных отклонений точек от линий регрессии. Математические описания и показатели точности рассмотренных регрессий (статистических зависимостей) приведены в таблице 2.

Наклонная штриховая линия 5 на рис. 1 описывается линейной функцией, аналогичной (1):

$$\xi_{z(1)} = 0,69 - 0,007v_{п,ср} \quad (10)$$

и показывает общий тренд в расположении большинства круглых точек. Это позволяет считать, что практически влиянием средней скорости поршня дизеля на КИТС $\xi_{z(1)}$ можно пренебречь; среднее значение $\xi_{z(1)}$ для совокупности из 18 точек, для которой найдена регрессия (10), близко к 0,64. Круглые точки 7 и 11, 14 и 15, 19 расположены намного дальше от линии 5, чем остальные, и не учитывались при оценке точности этой зависимости.

(II) Влияние расчётной максимальной температуры рабочего тела. Из формулы (8а), определяющей КИТС $\xi_{z(1)}$, следует, что чем выше МТРТ, тем больше должен быть и КИТС. На рис. 2 справа от оси ординат показаны линии регрессии КИТС $\xi_{z(1)}$ на T_{max} : поле точек разделено на три подгруппы, а общий тренд для большинства точек показан линией 4. Линии регрессии на рис. 2

описаны линейными функциями вида

$$\xi_{z(1)} = a_{0T} + a_{1T} T_{\max}, \quad (11)$$

где a_{0T} и a_{1T} – числовые коэффициенты (размерность a_{1T} 1/К), приведённые для линий 1–4 в таблице 1. Регрессия для линии 1б более чёткая, чем для линии 1а, и при $T_{\max} < 1700$ К смыкается с линией 2 средней подгруппы точек.

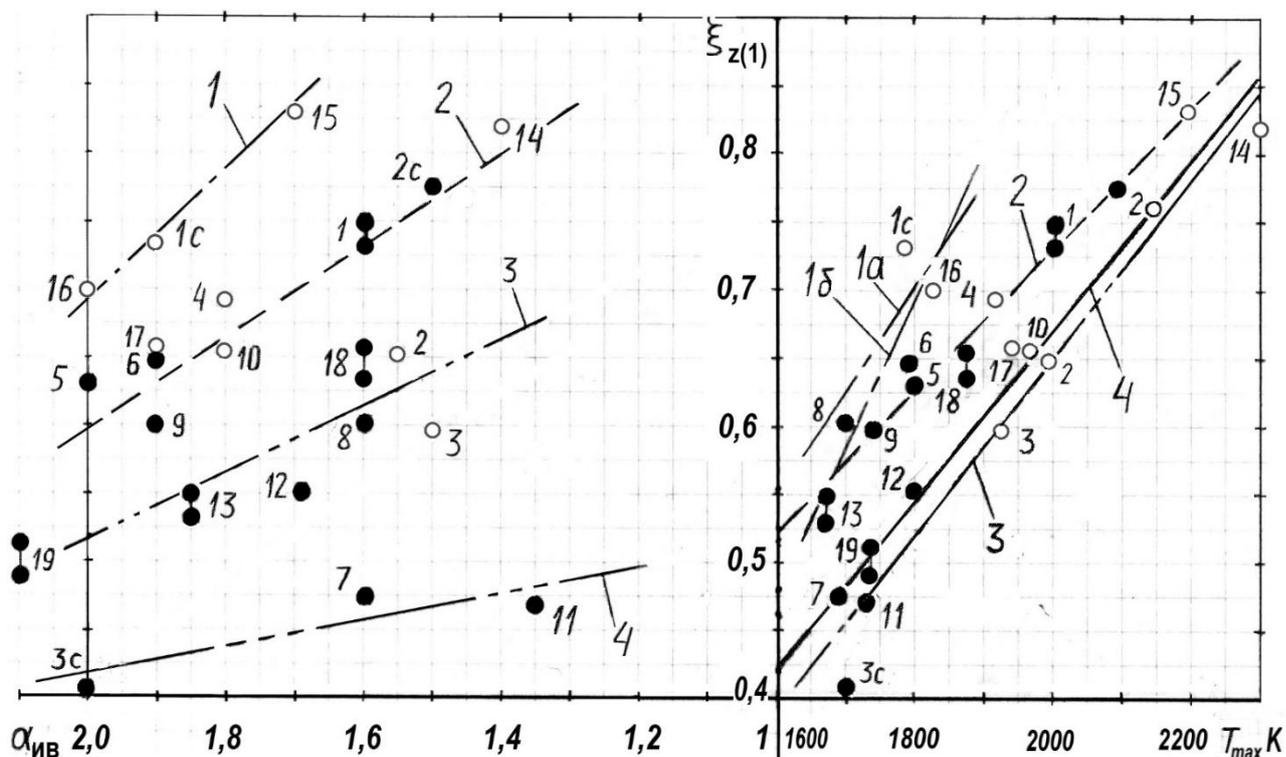


Рис. 2. Влияние коэффициента избытка воздуха $\alpha_{\text{ив}}$ и расчётной максимальной температуры T_{\max} рабочего тела в цикле дизеля на КИТС

Расслоение поля точек регрессии КИТС $\xi_{z(1)}$ на T_{\max} , видимое на рис. 2, может объясняться влиянием других факторов, а также неточностями использованных значений МТРТ (например, при мелком масштабе диаграмм температуры рабочего тела, приведенных в источниках). Точки 1с и 16 отличаются особо высокими значениями $\xi_{z(1)}$, а точка 3с – особо низким $\xi_{z(1)}$, по отношению к другим возможным значениям КИТС при данной МТРТ.

(III) Влияние коэффициента избытка воздуха (предполагается, что его значения соответствуют полной или почти полной нагрузке дизелей). Так как при уменьшении $\alpha_{\text{ив}}$ увеличиваются коэффициенты квадратного уравнения (1), используемого для вычисления МТРТ, и возрастает величина этой температуры, то можно предполагать, что при этом будут увеличиваться и значения КИТС. На рис. 2 слева от оси ординат показаны линии регрессии КИТС $\xi_{z(1)}$ на $\alpha_{\text{ив}}$ и видно, что общее поле точек разделено на четыре подгруппы, линии регрессии которых

описаны линейными функциями, аналогичными (11), но с отрицательными угловыми коэффициентами. Видно, что чем меньше значения КИТС для точек подгруппы, тем ниже угловой коэффициент соответствующей функции (см. в таблице 1).

(IV) Влияние степени сжатия дизеля. Этот параметр влияет на МТРТ и КИТС косвенно, через расчётную температуру T_c рабочего тела в конце сжатия. Можно ожидать, что при возрастании ε и T_c , при отсутствии отрицательного влияния других факторов, будет увеличиваться МТРТ, но в отношении КИТС это неочевидно. На рис. 3 справа от оси ординат показана зависимость КИТС $\xi_{z(1)}$ от ε , причём общее поле точек разделено на три подгруппы, линии регрессии для которых описаны линейными функциями как с положительным, так и с отрицательными угловыми коэффициентами. Хотя при увеличении ε КИТС, как правило, уменьшается, но ряд точек (3с, 19, 1, 14 и 15) около линии 1 образовали особую подгруппу, для которой это заключение несправедливо.

(V) Влияние степени повышения давления рабочего тела при сгорании, иллюстрированное рис. 3 (область слева от оси ординат), оказалось сходным с влиянием степени сжатия на КИТС $\xi_{z(1)}$. Здесь общее поле точек разделено на четыре подгруппы, линии регрессии которых в трёх случаях имеют отрицательный угловой коэффициент, а в одном (особая подгруппа из точек 13, 1, 1с и 14) – положительный. Точки в центре этого графика – в полосе значений КИТС примерно 0,59...0,70 – образуют подгруппу, где влиянием λ_z на $\xi_{z(1)}$ можно пренебречь. Среднее значение КИТС здесь близко к 0,64, как и на рис. 1 около линии 5.

(VI) Влияние наддува на КИТС $\xi_{z(1)}$ отдельно не иллюстрировано и в первом приближении им можно пренебречь. Средние значения $\xi_{z(1)}$ для подгрупп дизелей без наддува и с наддувом равны, соответственно, около 0,61 и 0,65, а разности наибольших и наименьших значений $\xi_{z(1)}$ в этих подгруппах близки к 0,35.

Вышеприведённые зависимости можно использовать при тепловом расчёте дизелей для обоснования выбора значения КИТС. При этом требуется отнести исследуемый дизель к некоторым подгруппам точек на графиках рис. 1–3.

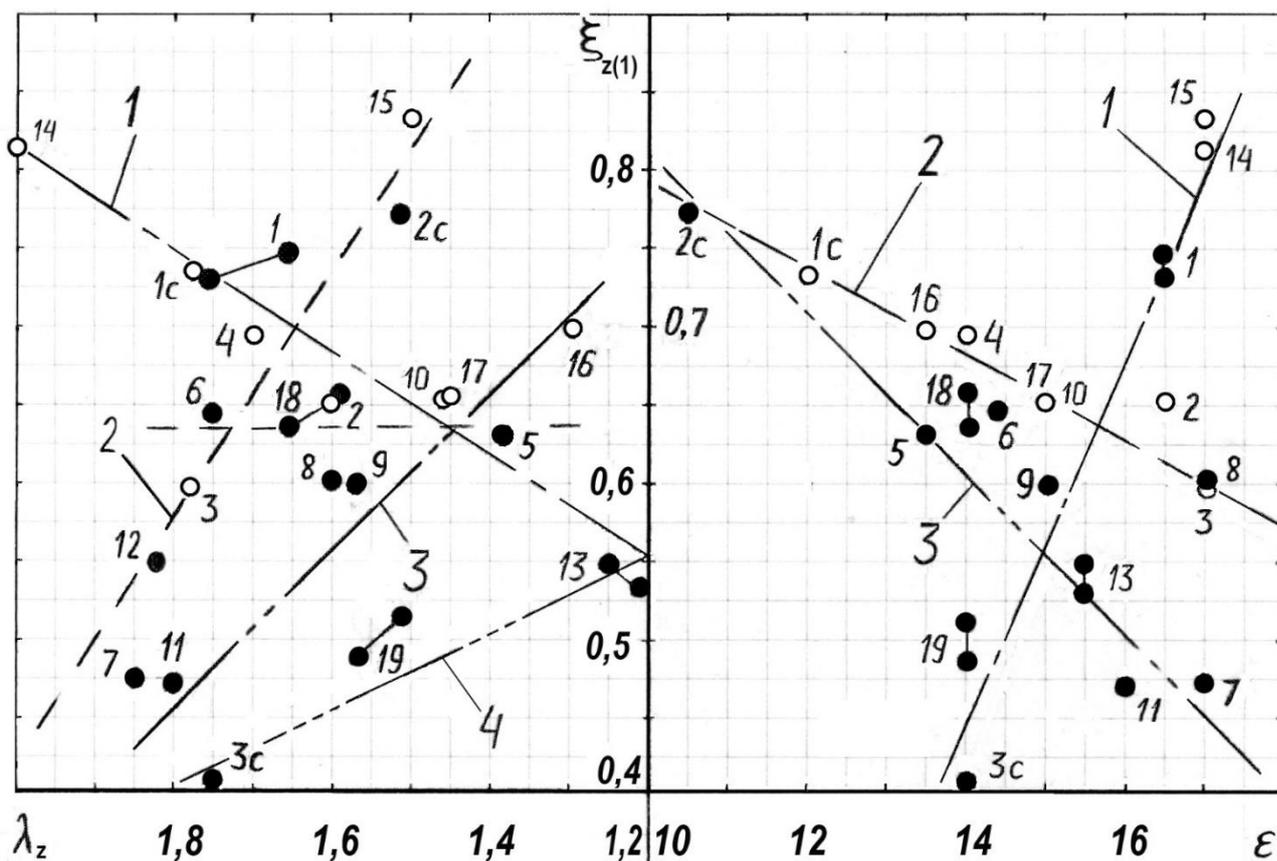


Рис. 3. Влияние степени повышения давления λ_z рабочего тела при сгорании и степени сжатия ϵ дизеля на КИТС

В качестве примера выберем значения КИТС при тепловом расчёте дизелей Ч 12/13,5 и ЧН 12/13,5, которые можно считать аналогичными дизелям Ч 12/12 и ЧН 12/12, указанным в таблице 1. Примем исходные параметры: для Ч 12/13,5 $\epsilon = 17$; $n = 2500$ 1/мин; $\alpha_{ив} = 1,5$ и для ЧН 12/13,5 $\epsilon = 15$; $n = 2200$ 1/мин; $\alpha_{ив} = 1,8$. Тогда ССП этих дизелей равна, соответственно, 11,25 и 9,9 м/с.

Для дизеля Ч 12/12 точки на рис. 1 находятся около линий 2 (точка 1) и 1 (точка 14), а для ЧН 12/12 – около линии 1 (точка 15). Поэтому можно ожидать, что для исследуемых дизелей КИТС $\xi_{z(1)}$ находится в интервале 0,7...0,8.

На левом графике рис. 2 точки 1 и 14 относятся к средней, а точка 15 – к верхней подгруппе. Поэтому, вероятно, для дизеля Ч 12/13,5 при $\alpha_{ив} = 1,5$ КИТС $\xi_{z(1)}$ близок к 0,77, а для ЧН 12/13,5 при $\alpha_{ив} = 1,8$ – к 0,78.

Табл. 2

Формулы статистических зависимостей для КИТС и показатели их точности

Рис.	Номер линии	Формула для линии (по умолчанию зависимая переменная $\xi_{z(1)}$)	$10^2 \cdot \text{КК}$	СКО	Пределы ОП, %		САОП, %	Средний КИТС
					от	до		
1	1	(1) для линий 1–4, где коэффициент $b_{\xi v}$ (с/м) равен: 0,0068	не опред.		–0,8	+1,0	0,9	0,828
	-	0,021 (зависимая переменная $\xi_{z(0)}$)	–90	0,021	–4,9	+4,4	2,2	0,713
	2	0,023; 0,024	–65	0,038; 0,037	–6,7; –7,9	+11; +9,2	4,0; 4,2	0,672
	3	0,034	–91,7	0,0224	–4,8	+6,0	3,0	0,598
	4а	0,047	–96,4	0,036	–8,8	+8,4	5,0	0,538
	4б	$0,80 - 0,034 v_{п,ср}$		0,022	–5,3	+6,1	3,4	
	5	$0,69 - 0,007 v_{п,ср}$	–19	0,059	–16	+17	7,7	0,6345
6	$\xi_{z(0)} = 0,77 + 0,0085 v_{п,ср}$	61	0,029	–4,2	+4,9	2,5	0,844	
2	Для независимой переменной или фактора T_{\max} (К):							
	1а	$-0,66 + 7,6 \cdot 10^{-4} T_{\max}$	80	0,039	–5,0	+5,0	4,6	0,68
	1б	$-1,28 + 1,1 \cdot 10^{-3} T_{\max}$	89,5	0,035	–6,8	+6,4	4,7	0,616
	2	$-0,29 + 5,1 \cdot 10^{-4} T_{\max}$	98,6	0,0163	–5,2	+5,9	1,9	0,663
	3	$-0,65 + 6,5 \cdot 10^{-4} T_{\max}$	96,3	0,032	–7,5	+11	5,2	0,552
	4	$-0,57 + 6,2 \cdot 10^{-4} T_{\max}$	90	0,059	–16	+18	8,3	0,612
	Для фактора $\alpha_{ив}$:							
	1	$1,632 - 0,47 \alpha_{ив}$	–99,6	0,0064	–0,9	+0,8	0,7	0,756
	2	$1,26 - 0,33 \alpha_{ив}$	–94,6	0,0254	–6,5	+6,2	3,2	0,689
	3	$1,0 - 0,24 \alpha_{ив}$	–84,3	0,032	–6,7	+8,7	4,7	0,576
4	$0,61 - 0,096 \alpha_{ив}$	–94,2	0,012	–3,3	+2,4	2,3	0,447	
3	Для фактора ε :							
	1	$-1,2 + 0,12 \varepsilon$	97,6	0,041	–7,3	+17	5,8	0,615
	2	$1,06 - 0,027 \varepsilon$	–96,5	0,0173	–6,5	+4,2	1,7	0,678
	3	$1,32 - 0,051 \varepsilon$	–97,4	0,026	–7,6	+7,5	3,6	0,605
	Для фактора λ_z :							
	1	$0,15 + 0,335 \lambda_z$	95,5	0,0245	–5,6	+5,4	3,3	0,668
	2	$2,0 - 0,79 \lambda_z$	–90	0,051	–17	+14	5,5	0,659
	3	$1,24 - 0,41 \lambda_z$	–90,8	0,034	–11	+7,0	4,5	0,596
	4	$0,84 - 0,24 \lambda_z$	–92,3	0,0235	–4,9	+7,0	4,5	0,483
	-	0,639 (горизонтальная линия)	0	0,033	–8,6	+8,3	4,1	0,639

Аббревиатуры: КК – коэффициент корреляции (для нелинейных функций – между расчётными и фактическими значениями КИТС); ОП – относительная погрешность расчётного значения КИТС (по отношению к фактическому); САОП – средняя (по абсолютной величине) ОП; СКО – среднеквадратичное отклонение.

На правом графике рис. 3 точки 1, 14 и 15 относятся к особой подгруппе, для которой КИТС увеличивается при росте степени сжатия. Поэтому можно

ожидать, что при $\varepsilon = 17$ для дизеля Ч 12/13,5 КИТС близок к 0,8, а при $\varepsilon = 15$ для ЧН 12/13,5 – к 0,57. Так как последнее значение $\xi_{z(1)}$ намного меньше ранее приведённых, то оно менее приемлемо, и потому целесообразно выбирать значения КИТС для исследуемых дизелей в пределах 0,75...0,8 – на 0,1...0,2 выше, чем по формуле (9).

Выводы

1. Для совмещения двух альтернативных значений расчётной максимальной температуры рабочего тела в цикле со смешанным подводом теплоты (полученных решением квадратного уравнения и с помощью уравнения состояния идеального газа, соответственно T_z и T_{\max}) требуется скорректировать первоначально принятое значение коэффициента использования теплоты при сгорании (КИТС) с помощью формулы (8а). Для 11 циклов дизелей скорректированные значения КИТС $\xi_{z(1)}$ (со средним арифметическим около 0,63) в среднем примерно на 12% меньше первоначально принятых $\xi_{z(0)}$. Исключениями служат дизели ЧН 18/20 ($\xi_{z(1)}$ оказался на 31% ниже величины $\xi_{z(0)}$, найденной как отношение количеств теплоты [5]) и 8Ч 12/12 ($\xi_{z(1)} \approx \xi_{z(0)}$ [20]). Можно предположить, что сопутствующее корректировке КИТС небольшое уменьшение среднего показателя политропы расширения n_2 (согласно функции [1], увязывающей его и КИТС) существенно не изменит расчётных индикаторных показателей рабочего цикла дизеля.

2. Статистические зависимости КИТС $\xi_{z(1)}$ от ряда исходных и постоянных параметров теплового расчёта дизеля, показанные на рис. 1–3, имеют форму линейных регрессий и характеризуются коэффициентом корреляции расчётных и фактических значений КИТС не менее 65% (исключение – линия 5 на рис. 1). Для регрессий КИТС на коэффициент избытка воздуха и степень повышения давления при сгорании, угловой коэффициент функции, повышенный для верхних подгрупп точек и пониженный для нижних их подгрупп. Наличие областей на графиках, где фактические значения КИТС изменяются незначительно (в интервале примерно 0,6...0,7), позволяет пренебрегать влиянием некоторых факторов (например, средней скорости поршня или степени повышения давления при сгорании) на КИТС при выборе его значения в тепловом расчёте.

Список использованных источников

1. Воинов А.Н. Процессы сгорания в быстроходных поршневых двигателях. М.: Машиностроение, 1965. 212 с.
2. Двигатели ТМЗ семейства 842, размерностью 140x140 мм. Руководство по эксплуатации 8431.3902150 РЭ / ОАО «Тутаевский моторный завод». Тутаев, 2013. 220 с.
3. Дизели. Справочник / Байков Б.П. [и др.]; под ред. Ваншейдта В. А. [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1977. 480 с.
4. Дьяченко Н.Х. Теория двигателей внутреннего сгорания. Л.: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1974. 552 с.
5. Дьяченко Н.Х., Дашков С.Н., Мусатов В.С., Белов П.М., Будыко Ю.И. / Быстроходные поршневые двигатели внутреннего сгорания. М.: Машгиз, 1962. 360 с.
6. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1971. 344 с.
7. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. 4-е изд., стереотип. М.: Высшая школа, 2008. 496 с.
8. Костин А.К., Ларионов В.В., Михайлов Л.И. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания. Справочное пособие / Под общ. ред. Костина А. К. Л.: Машиностроение, 1979. 222 с.
9. Лазарев Е.А. Конспект лекций по совершенствованию рабочих процессов в поршневых двигателях / Южно-Уральский гос. ун-т (ЮУрГУ). Челябинск, 2011. 268 с.
10. Московский автомобильно-дорожный гос. технический ун-т (МАДИ). Кафедра «Теплотехника и автотракторные двигатели». Глава I. Водейко Виталий Францевич [Электронный ресурс]. URL: www.tiatd.ru (дата обращения: 22.12.2023).
11. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. М.: Колос, 1984. 336 с.
12. Орлин А.С. Двигатели внутреннего сгорания. Теория рабочих процессов поршневых и комбинированных двигателей 3-е изд., М.: Машиностроение, 1971. 400 с.
13. Орлин А.С., Круглов М.Г. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей. 4-е изд. М.: Машиностроение, 1983. 372 с.

14. Портнов Д.А. Быстроходные турбопоршневые двигатели с воспламенением от сжатия. Теория, рабочий процесс и характеристики. М.: Машгиз, 1963. 640 с.
15. Семенов Б.Н., Павлов Е.П., Копцев В.П. Рабочий процесс высокооборотных дизелей малой мощности. Л.: Машиностроение, 1990. 248 с.
16. Симсон А.Э. Каминский В.Н. Моргулис Ю.Б. Поветкин Г.М. Турбонаддув высокооборотных дизелей. М.: Машиностроение, 1976. 288 с.
17. Стефановский А.Б. Расчёт параметров рабочего цикла, его показателей и номинальных показателей автотракторного дизеля. Расчётно-графическая работа: Учебное пособие по дисц. «Тракторы и автомобили». 2-е изд., испр. Мелитополь, 2023. 99 с.
18. Стефановский А.Б. Расчёт показателей автотракторного дизеля и параметров его систем: Учебное пособие. Мелитополь, 2019. 84 с.
19. Тепловой расчет двигателя 8ЧР 24/36 [Электронный ресурс]. URL: www.revolution.allbest.ru (дата обращения: 18.12.2023).
20. Тепловой расчет двигателя Д-108 [Электронный ресурс]. URL: www.referat911.ru (дата обращения: 24.12.2023).
21. Хачиян А.С., Синявский В.В. Расчет и анализ действительного цикла дизеля: Методич. указания по курсу «Теория рабочих процессов ДВС» / Моск. автомобильно-дорожный ин-т (гос. технический ун-т). М., 2004. 52 с.
22. Хачиян А.С., Морозов К.А., Луканин В.Н. / Двигатели внутреннего сгорания. 2-е изд. М.: Высшая школа, 1985. 311 с.
23. Чернышев Г.Д., Хачиян А.С., Пикус В.И. Рабочий процесс и теплонапряженность автомобильных дизелей / Под общей ред. Чернышева Г. Д. М.: Машиностроение, 1986. 216 с.
24. Шароглазов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов / Под ред. Шароглазова Б. А. Челябинск: изд. ЮУрГУ, 2004. 344 с.

АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Худоногов И.А. – д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

Антонов М.С. – аспирант, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

Аннотация

В статье приведён анализ развития электросетевого комплекса железнодорожной инфраструктуры в аспектах транспортно – логистического сектора. Рассматриваются вопросы модернизации энергетического комплекса, а также внедрения современных интеллектуальных технологий информатизации и цифровизации.

ОАО «РЖД», как монополист железных дорог России и один из самых крупных транспортно – логистических операторов в мире, владеет узкоспециализированным электросетевым комплексом, целью которого является обеспечение питания тяговых, нетяговых потребителей и других объектов транспорта [1]. Компания решает задачи энергоснабжения тяги электроподвижного состава и стационарных устройств для осуществления технологических процессов, а именно бесперебойного движения поездов. Помимо этого, она занимается рядом общехозяйственных вопросов государственного масштаба и предоставляет электроэнергию сторонним потребителям третьих лиц: физическим и юридическим.

Электросетевой комплекс образует весьма сложную систему электропитания, взаимосвязанную со смежными производственными службами. Их назначение состоит в обслуживании инфраструктуры и узлов, обеспечении непрерывности движения и устранении отказов и аварийных состояний [2].

Тема актуальна, поскольку затрагивает вопросы модернизации систем питания, электромагнитной совместимости электротехнических компонентов, повышения надёжности электроснабжения технологических устройств, совершенствования энергосберегающих технологий и экологии. Холдинг играет немаловажную роль в социальной политике страны, так как вносит вклад в общественные проекты, в особенности касающихся труднодоступных и слаборазвитых регионов РФ. Ведь наличие в тех районах электрифицированных железных дорог обуславливает гарантированный доступ к электричеству [3].

Энергосбережением называется совокупность мер и усилий, направленных на уменьшение объёма использования энергоресурсов без потери полезной работы при помощи организации рационального их потребления. Политика применения данной технологии согласно энергетической стратегии «РЖД», подразумевающей спектр инвестиционных проектов, затрагивает вопросы продолжения электрификации железнодорожных линий, ввода в эксплуатацию новых локомотивов с наименьшими расходами энергопотребления, внедрения рекуперативного торможения на участках электрификации и реализацию комплекса мероприятий по предотвращению лишних потерь энергоресурсов в системах тягового электроснабжения [4].

Один из перспективных подходов в реализации проектов энергосбережения является раскрытие потенциала рекуперативного торможения, способного вернуть до 25% от энергии, затрачиваемой на тягу электроподвижного состава. Применение рекуперации уменьшает неравномерность потребления. Это объясняется тем, что часть рекуперативной энергии воспринимается тяговыми потребителями в фидерной зоне. Но если в тяговой сети присутствуют инверторы, то они спровоцируют появление отрицательной составляющей тока тяговой подстанции. Каждая электроэнергетическая система нуждается в постоянной равномерной нагрузке, а, в противном случае, неравномерное электропотребление снизит эффективность работы тяговой сети в целом, что, следовательно, создаст осложнения технико-экономического характера [5].

Метод рекуперации наиболее эффективен на основе накопителя энергии, представленного на рисунке 1. Принцип работы заключён в трансформации кинетической энергии поезда в электрическую [6]. Затем происходит её накопление с последующим возвращением обратно в тяговую сеть.



Рис. 1. Накопитель энергии

Создание информационной инфраструктуры – необходимый шаг в развитии инноваций и социально-экономической сферы в долгосрочной перспективе. Интеллектуальные транспортные системы представляют собой результат системной интеграции автоматизированных, информационных, аналитических и телекоммуникационных технологий, а также высокотехнологических методов управления и мониторинга транспортного и энергетического комплексов, ориентированный на обеспечение безопасности движения и повышения эффективности перевозочного процесса [7].

Концепция данного проекта базируется на транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 г. по одному из направлений «формирование единого транспортного пространства России на базе сбалансированного развития эффективной транспортной инфраструктуры», а также является частью идеи «цифровой железной дороги» [8].

Одной из выделяющихся на фоне других технологий выступает Интернет вещей (IoT), подразумевающий совокупность интеллектуальных цифровых устройств, информационно-коммуникационных технологий и средств для их взаимодействия, которые могут обмениваться данными между собой без участия человека [9]. Эти устройства могут быть встроены в различные объекты, от домашней техники до промышленного оборудования и транспорта, и обеспечивать мониторинг, управление и автоматизацию процессов.

Целью IoT – технологий является создание «умных» систем, способных собирать и обрабатывать данные, улучшать эффективность и безопасность процессов, а также повышать качество жизни и оптимизировать использование ресурсов. На железных дорогах данная технология, принцип работы которой показан на рисунке 2, может применяться на основе энергоэффективных сетей с ультранизким потреблением (LPWAN) и определённым набором стандартов беспроводной связи (XNB, LoRaWAN и др.) [10].

По замыслу, конечным результатом интеллектуализации должна стать самоорганизующаяся автоматизированная система управления с применением технологий искусственного интеллекта для прогнозирования аварий и отказов, осуществляющая сбор данных в облачные серверы и контроль за всей инфраструктурой. Также немаловажным аспектом будет организация информационной безопасности, нацеленной на защиту корпоративных и клиентских интересов.

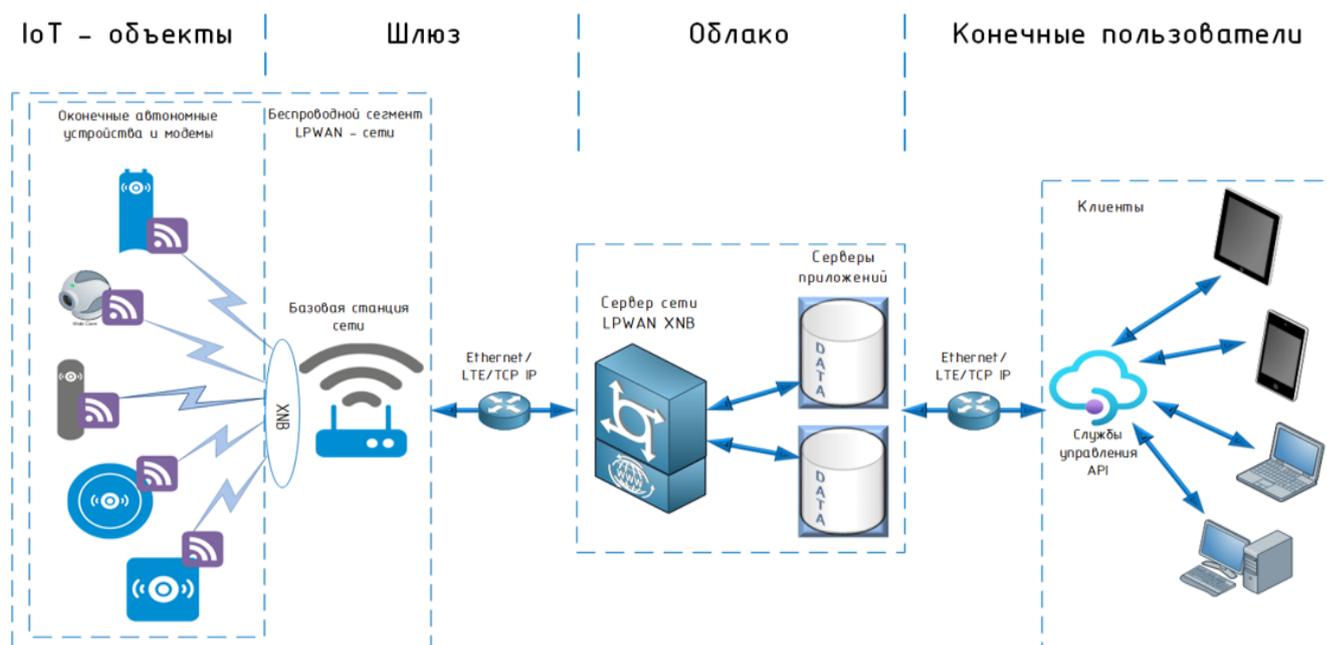


Рис. 2. Топология IoT – платформы на базе LPWAN – сети

Стратегическая модель развития электросетевого комплекса ОАО «РЖД» предполагает разделение объектов электросетевого хозяйства на такие ключевые сферы, как технологическое электроснабжение и предоставление услуг по передаче электроэнергии сторонним потребителям. Постепенное выделение деятельности по предоставлению услуг третьим лицам предполагает создание отдельной структуры, выходящей за границы ОАО «РЖД». В конечном итоге компания планирует стать значительным потребителем электроэнергии.

Помимо модернизации энергетического комплекса параллельно делается упор в исследование и внедрение в отрасль современных информационных и интеллектуальных устройств.

Проблематика масштабного обновления тесно взаимосвязана с динамикой инновационного развития, предполагая внедрение высокоэффективных технических и технологических решений, доступных благодаря научно – техническому прогрессу последних лет. Главным вызовом является не отсутствие отечественных технических решений и конструкторских разработок, которые не уступают мировым стандартам, а скорее ограниченность их внедрения. В текущих условиях с относительно небольшими возможностями государственного финансирования возникает сложная задача эффективного распределения инвестиций в области, где можно достичь максимальных результатов.

Список используемых источников

1. «Интеллектуальный» железнодорожный транспорт // Студенческие реферативные статьи и материалы URL: https://studref.com/431864/informatika/intel_lectualnyu_zheleznodorozhnyu_transport (дата обращения: 04.01.2024).
2. Значение электрификации железнодорожного транспорта // Студенческие реферативные статьи и материалы URL: <https://studfile.net/preview/7110110/page:9/> (дата обращения: 04.01.2024).
3. Интеллектуальные транспортные системы на железнодорожном транспорте // Евразия Вести. URL: <http://eav.ru/publ1.php?publid=2012-09a20> (дата обращения: 05.01.2024).
4. Пышкин А.А. Электроснабжение железных дорог: учебное пособие / А. А. Пышкин. Екатеринбург: УрГУПС, 2016. 373 с. ISBN 978-5-94614-346-2
5. Сооружения и устройства электроснабжения. // INGENERYI.INFO. URL: <https://ingeneryi.info/teh-n/rzhd-tehnika/spravochnye-dannye-rzhd-tehniki/1239-sooruzheniya-i-ustroystva-elektrosnabzheniya.html> (дата обращения: 03.01.2023).
6. Цифровая железная дорога: настоящее и будущее // Гудок.RU URL: <https://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1348653> (дата обращения: 04.01.2024).
7. Что такое интернет вещей и как он устроен // Яндекс.Практикума URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-internet-veschey-primenenie-tehnologii/> (дата обращения: 05.01.2024).
8. Электропитание и электроснабжение нетяговых потребителей. // Справочник. RU URL: https://spravochnick.ru/elektronika_elektrotehnika_radiotekhnika/elektropitanie_i_elektrosnabzhenie_netyagovyh_potrebiteley/ (дата обращения: 03.01.2024).
9. Электросетевой комплекс ОАО «РЖД» – целостность и надежность технологического процесса. URL: <http://eav.ru/publ1.php?publid=2015-09a06> (дата обращения: 02.01.2024).
10. Энергосбережение. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 04.01.2024).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ВЫБОРА ФУНКЦИЙ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕТЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Алиаиби А.Д. – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Аль Ани М.М. – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Аль-Азави А.Я. – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Аннотация

Данная статья исследует рассмотрение использования методов выбора функций и машинного обучения при обнаружении вторжений для обеспечения сетевой безопасности. Исследование направлено на выявление различных алгоритмов выбора признаков и алгоритмов классификации, использованных в предыдущих исследованиях, а также наборов данных и измерений, проанализированных в этих исследованиях. Цель состоит в том, чтобы изучить эффективность этих методов в достижении высокой точности и улучшении производительности при обнаружении и классификации сетевых вторжений. В исследовании также обсуждается потенциал методов глубокого обучения, таких как CNN, RNN, DAE, DBN и LSTM, в повышении производительности систем обнаружения вторжений. В целом исследование призвано внести вклад в понимание и развитие подходов к выбору функций и машинному обучению в сетевой безопасности.

Быстрое развитие компьютерных технологий и сетевых инфраструктур в современную эпоху привело к увеличению важности сетевой безопасности. Учитывая обилие личной, коммерческой, военной и правительственной информации, хранящейся в этих сетях, ее защита стала серьезной проблемой. Обнаружение вторжений популярное решение для сетевой безопасности, поскольку оно помогает выявлять и предотвращать несанкционированный доступ и атаки [1]. Однако как аппаратные, так и программные компоненты компьютерных сетей могут быть уязвимы для угроз и атак. Это привело к разработке различных методов и алгоритмов, таких как выбор функций и машинное обучение, для повышения производительности систем обнаружения вторжений. В этом обзорном документе исследуется использование этих методов и алгоритмов в сетевой безопасности, особенно для обнаружения вторжений. Анализируя различные исследования и эксперименты, проведенные на эталонных

наборах данных, в статье оценивается эффективность и точность различных алгоритмов выбора и классификации признаков. Цель состоит в том, чтобы определить наиболее эффективные алгоритмы, которые можно использовать для обнаружения конкретных атак. В документе также обсуждается применение методов глубокого обучения, таких как глубокие автокодировщики и рекуррентные нейронные сети, для обнаружения вторжений. В целом статья направлена на предоставление всестороннего анализа текущего состояния систем обнаружения вторжений, а также потенциальных областей для улучшения и будущих исследований [2].

Роль машинного обучения заключается в улучшении обнаружения вторжений в сетевую безопасность за счет использования методов выбора функций и алгоритмов классификации. Исследование сосредоточено на сравнении различных классификаторов машинного обучения и алгоритмов выбора функций для достижения высокой точности обнаружения атак. Они исследуют популярные методы глубокого обучения, такие как CNN, RNN, DAE, DBN и LSTM, и обсуждают их производительность по сравнению с традиционными методами машинного обучения. В исследовании также упоминается использование SVM и RBM в сочетании для достижения наилучшей производительности. Общая цель расширить области применения и влияние методов машинного обучения на обнаружение вторжений. Глубокое обучение играет решающую роль в решении проблемы обнаружения вторжений для обеспечения сетевой безопасности [3].

Методы глубокого обучения, такие как глубокие автокодировщики, рекуррентные нейронные сети (RNN), сверточные нейронные сети (CNN) и автокодировщики с многоуровневым шумоподавлением, используются для извлечения функций из сетевых потоков и классификации сетевого трафика как нормального или аномального. Эти модели глубокого обучения способны изучать и выбирать соответствующие функции из эталонных наборов данных без необходимости ручного проектирования функций или создания правил. Анализ производительности показывает, что методы глубокого обучения, такие как автоматические кодировщики и RNN, превосходят другие методы, такие как CNN, с точки зрения точности [4]. Кроме того, сочетание алгоритмов глубокого обучения, таких как LSTM, с взвешенными методами может обеспечить улучшенные результаты с точки зрения обнаружения аномалий. В целом подходы глубокого обучения позволяют эффективно обнаруживать вторжения и способствуют повышению сетевой безопасности [5].

Важность выбора функций как средства повышения производительности систем обнаружения вторжений (IDS) для сетевой безопасности. Выбор признаков описывается как метод уменьшения размерности данных путем выбора наиболее важных атрибутов, которые имеют отношение к точности классификации. Его цель – повысить эффективность вычислений, избежать переобучения и обеспечить более высокую скорость обнаружения. В этом исследовании основное внимание уделяется использованию надежных алгоритмов выбора функций для выбора наиболее важных функций из эталонных наборов данных с целью повышения точности и эффективности IDS. Подчеркивается важность выбора функций как средства улучшения применения методов машинного обучения в IDS, что приводит к более точному и эффективному обнаружению атак [6].

По нашему заключению, предлагаемая будущая работа включает в себя следующее:

- совершенствование новых методов глубокого обучения и расширение областей их применения, а также изучение влияния методов машинного обучения;
- исследование и создание современной системы выбора функций для систем обнаружения вторжений (IDS) для улучшения обнаружения и предотвращения атак;
- проведение дальнейших исследований для повышения эффективности методов глубокого обучения, таких как CNN, RNN, DAE, DBN и LSTM, для сетевой безопасности;
- изучение комбинации машин опорных векторов (SVM) и ограниченных машин Больцмана (RBM) для повышения производительности в IDS;
- разработка и оценка надежных алгоритмов классификации и методов выбора функций для эффективного обнаружения атак в IDS;
- исследование использования нечеткой логики для моделирования небольших аномалий в системах обнаружения вторжений и снижения уровня ложных тревог;
- изучение использования генетических алгоритмов для определения подходящих функций для классификации атак в IDS.

Необходимы дальнейшие исследования, чтобы понять и улучшить состояние выбора функций в системах обнаружения вторжений (IDS). В исследовании предлагается использовать надежные алгоритмы классификации и методы выбора

признаков для улучшения обнаружения атак в IDS. В нем также обсуждается производительность различных методов глубокого обучения, таких как CNN, RNN, DAE, DBN и LSTM [7]. В документе подчеркивается важность методов машинного обучения в IDS и предполагается, что необходимы дополнительные исследования для улучшения этих методов и их применения в различных областях [8].

Список используемых источников

1. Alekseev A.P. Conceptual approach to designing efficient cyber-physical systems in the presence of uncertainty // *Studies in Systems, Decision and Control*. 2019. С. 69–80.
2. Bardamova M., Konev A., Hodashinsky I., Shelupanov A. Fuzzy classifier design for network intrusion detection using the gravitational search algorithm // *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, 1145 (2019), 012008.
3. Laqtib S., El Yassini K., Hasnaoui M.L. A technical review and comparative analysis of machine learning techniques for intrusion detection systems in MANET // *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. 2020. Т. 10. № 3. С. 2701.
4. Mahfouz A.M., Venugopal D., Shiva S.G. Comparative Analysis of ML Classifiers for Network Intrusion Detection // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. С. 193–207.
5. Prabavathy S., Sundarakantham K., Shalinie S.M. Design of cognitive fog computing for intrusion detection in internet of things // *Journal of Communications and Networks*. 2018. Т. 20. № 3. С. 291–298.
6. Rayes A., Salam S. Internet of things (IOT) overview // *Internet of Things From Hype to Reality*. 2018. С. 1–35.
7. Sivaprasad A. Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms Based on the Outcome of Proactive Intrusion Detection System // *SSRN Electronic Journal*. 2020.
8. Новохрестов А.К., Никифоров Д.С., Конев А.А., Шелупанов А.А. Модель угроз безопасности автоматизированной системы коммерческого учета энергоресурсов // *Доклады ТУСУРа*. 2016. Т.19. №3. С. 111-114.

МЕТОД МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОТИВОДЕЙСТВИИ КИБЕРАТАКАМ

Аль-Ани М.М – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Алиаиби А.Д. – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Аль-Азави А.Я. – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Аннотация

Цель данного доклада – изучить разработку новой гибридной модели, основанной на машинном обучении, для борьбы с DDoS-атаками и неизвестными атаками. Для этого необходимо рассмотреть «Роль методов машинного обучения в борьбе с DDoS-атаками». Разработать два новых алгоритма обнаружения аномалий на основе двух выбранных методов обучения машинного обучения, которые можно использовать в реальной среде для борьбы с DDoS-атаками и кибератаками. И, в итоге, всесторонне рассмотреть роль машинного обучения для содействия развитию стратегий противодействия DDOS-атакам.

Применение искусственного интеллекта (ИИ) в различных отраслях, несомненно, привело к значительным улучшениям в эпоху цифровых технологий. Обладая способностью интерпретировать и принимать сложные решения на основе данных, технологии (ИИ) позволяют задачам или процессам работать вместе с человеческим интеллектом, ускоряя бизнес-операции и делая их более инновационными, а также добавляя ценный пользовательский опыт. Современные киберугрозы являются потенциальным источником самых дорогостоящих потерь, с которыми могут столкнуться организации, отрасли, правительства или даже глобальный рынок [1].

Индустрия кибербезопасности является одним из многих секторов, который получил большую выгоду от развития искусственного интеллекта. Более быстрое и точное обнаружение вредоносных программ может быть достигнуто с помощью интеллектуального машинного обучения. Однако большинство приложений глубокого обучения обычно ориентированы на такие области, как маркетинг, продажи, финансы и т. д. Очень мало материалов по глубокому обучению в кибербезопасности, которое используется для защиты программных продуктов и бизнеса от вредоносных программ и хакерских атак [2].

Существующие методы машинного обучения сталкиваются с большими трудностями при обнаружении кибератак в больших распределенных средах, а масштабируемость этих методов в большой сети невелика. Одним из недостатков традиционных алгоритмов машинного обучения является то, что они используют созданные вручную признаки для задач распознавания [3]. Но желательно, чтобы программа сама находила и конструировала признаки для обнаружения атак [4].

Можно сделать вывод о том, что интеграция кибербезопасности и машинного обучения имеет решающее значение для борьбы с кибератаками и обеспечения максимальной безопасности пользователей Интернета. Для компаний стало крайне важно установить системы обнаружения вторжений (IDS) высокого уровня для обнаружения угроз до того, как они проникнут в систему [5], что поставит под угрозу промышленные киберфизические системы (ICPS). Можно сделать заключение, что компаниям необходимо максимально защитить себя, используя максимально эффективные киберрешения, к которым относятся системы обнаружения вторжений и антивирусы. Кибер-злоумышленники меняют свои атаки со временем, и постоянно полагаться на уже установленные системы неразумно. Установленную систему безопасности необходимо время от времени проверять и обновлять [6], а также учитывать усовершенствованные системы безопасности. Компаниям нужны интеллектуальные системы обнаружения вторжений (IDS), основанные на эффективном машинном обучении, чтобы обнаруживать атаки на систему с помощью поиска уязвимых мест в том числе. Устройства Интернета вещей (IoT) сами по себе уязвимы для кибератак [7]. Как уже обсуждалось выше, злоумышленники также используют ИИ в атаках для оценки изъянов безопасности в кибер-системах компаний. Системы вторжений на основе сигнатур не смогли справиться с продвинутыми атаками, что обостряет потребность в эффективных IDS на основе машинного обучения [8].

Более того, нельзя игнорировать роль наборов данных в разработке эффективной системы вторжений. Наборы данных для тестирования алгоритмов должны быть тщательно отобраны. Качество набора данных играет жизненно важную роль при разработке алгоритма, поскольку без проверки качества алгоритма с помощью наборов данных выполнение алгоритма в реальных ситуациях было бы рискованным. Качество самих наборов данных зависит от нескольких аспектов [9], которые необходимо учитывать при выборе наборов данных. Они должны быть обновлены. Поэтому для разработки эффективного и действенного алгоритма обнаружения вторжений необходимо тщательно выбирать

наборы данных с точки зрения их качества [10].

Для дальнейших исследований, если будут использоваться общедоступные наборы данных для оценки модели, нельзя гарантировать, что она будет работать в реальных условиях. В результате самая большая трудность предлагаемой методологии состоит в том, чтобы быть такой же эффективной, как в лабораторных экспериментах [11]. После оценки в лаборатории предлагаемый подход следует проверить в режиме реального времени, чтобы убедиться в его пригодности для существующих сетей. Вместо этого, для реального мира могут использоваться частные наборы данных [12]. Поскольку модели не были обучены адекватным видам и шаблонам атак, большинство предложенных подходов не смогли идентифицировать атаки нулевого дня. Эффективная модель системы обнаружения вторжений (IDS) должна быть протестирована и подтверждена на наборе данных, который включает как старые, так и текущие атаки [13].

Включив в набор данных как можно больше определений атак, модель машинного обучения сможет изучить больше паттернов и, как следствие, защитить от большего количества различного рода вторжений. Создание набора данных, с другой стороны, является дорогостоящей операцией, требующей большого количества ресурсов и высокого уровня компетентности. В результате одной из трудностей исследования системы обнаружения вторжений (IDS) является систематическое создание актуального набора данных с достаточным количеством примеров практически всех типов атак [14]. Набор данных должен регулярно обновляться, чтобы охватить самые последние случаи вторжений, и он должен быть доступен, чтобы помочь исследовательскому сообществу. Кроме того, необходимо критически проанализировать различные общедоступные наборы данных, используемые при тестировании алгоритмов обнаружения аномалий [15]. Также необходимо разработать два новых алгоритма обнаружения аномалий на основе двух выбранных методов машинного обучения, которые можно использовать в реальной среде для борьбы с DoS-атаками и кибератаками [16].

Список используемых источников

1. Ahmad U. и др. Securing insulin pump system using deep learning and gesture recognition // 2018 17th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications/ 12th IEEE International Conference On Big Data Science And Engineering (TrustCom/BigDataSE). 2018. С. 1716–1719.

2. Chowdhury A., Karmakar G., Kamruzzaman J. Survey of recent cyber security attacks on robotic systems and their mitigation approaches // *Cyber Law, Privacy, and Security*. 2019. С. 1426–1441.
3. Dasari K.B., Devarakonda N. Detection of different ddos attacks using machine learning classification algorithms // *Ingénierie des systèmes d information*. 2021. T. 26. № 5. С. 461–468.
4. 12. Dina A.S., Manivannan D. Intrusion detection based on machine learning techniques in computer networks // *Internet of Things*. 2021. T. 16. С. 100462.
5. Diro A., Chilamkurti N. Leveraging LSTM networks for attack detection in fog-to-things communications // *IEEE Communications Magazine*. 2018. T. 56. № 9. С. 124–130.
6. Fenanir S., Semchedine F., Baadache A. A machine learning-based lightweight intrusion detection system for the internet of things // *Revue d'Intelligence Artificielle*. 2019. T. 33. № 3. С. 203–211.
7. Feng P. и др. A novel dynamic android malware detection system with ensemble learning // *IEEE Access*. 2018. T. 6. С. 30996–31011.
8. Gao X.-Z., Kumar Sangaiah A., Sugumaran V. Cloud based cyber-physical systems in the design of next-generation Digital Systems // *Intelligent Automation & Soft Computing*. 2017. T. 23. № 3. С. 475–476.
9. Ge M. и др. Deep learning-based intrusion detection for IOT Networks // 2019 IEEE 24th Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC). 2019. С. 256–25609.
10. Golani N., Rajasekaran R. IoT challenges: Security // *Internet of Things (IoT)*. 2017. С. 211–234.
11. Golomb T., Mirsky Y., Elovici Y. Ciota: Collaborative anomaly detection via Blockchain // *Proceedings 2018 Workshop on Decentralized IoT Security and Standards*. 2018.
12. Ahmad Yousef K. и др. Analyzing cyber-physical threats on robotic platforms // *Sensors*. 2018. T. 18. № 5. С. 1643.
13. Goswami G. и др. Detecting and mitigating adversarial perturbations for robust face recognition // *International Journal of Computer Vision*. 2019. T. 127. № 6–7. С. 719–742.
14. Gupta B.B., Sahoo S.R. Machine-learning and deep-learning-based security solutions for detecting various attacks on Osns // *Online Social Networks Security*. 2021. С. 57–69.

15. Gupta Y. и др. The applicability of Blockchain in the internet of things // 2018 10th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS). 2018. С. 561–564.

16. Illy P. и др. Securing fog-to-things environment using intrusion detection system based on ensemble learning // 2019 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC). 2019.

ДОСТИЖЕНИЯ В РАСПОЗНАВАНИИ АРАБСКОЙ РЕЧИ: ТЕКУЩИЕ ПРОБЛЕМЫ И БУДУЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Аль-Азави А.Я. – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Алиаибби А.Д. – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Аль-Ани М.М. – аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Аннотация

Фонетические словари считаются ключевыми компонентами систем распознавания речи. Целью исследования распознавания речи является создание машины, которая будет точно идентифицировать и отличать нормальную человеческую речь от речи любого другого говорящего. В литературе подтверждается, что арабская фонетика является одной из основных проблем распознавания арабской речи. Поэтому в этой статье рассматриваются предыдущие исследования, посвященные проблемам, с которыми сталкиваются при создании арабского фонетического словаря в отношении распознавания арабской речи.

Технология распознавания речи исторически развивалась постепенно, начиная с 50 лет. У него есть успешные попытки создания различных значительных приложений. Некоторые области применения речевых технологий требуют определенного типа первоначального анализа речи. К таким областям относятся распознавание говорящего, кодирование речи, синтез речи и распознавание речи [1]. Фонетический словарь рассматривается как одна из важнейших частей современных систем распознавания речи с большим словарем. В системах распознавания речи этот тип словаря действует как посредник между языковой моделью и акустической моделью [2]. Он включает в себя слова, существующие в языке, и произношение относительно фонем или аллофонов, существующих в

акустической модели. Из-за значительного количества исключений в произношении в английском языке словари этого типа в основном создавались вручную специалистами длительное время [3]. Напротив, произношение арабского языка подчиняется определенным правилам и закономерностям, если данный текст полностью диакритизирован. Исследования действительно выявили ряд таких правил произношения [4]. Кроме того, следует отметить, что связь между языковым представлением и акустическим представлением обеспечивается произношением. В словаре произношения существует список слов, которые имеют множественную или индивидуальную фонетическую транскрипцию [5]. Следовательно, в словаре можно использовать два аспекта текстовой модели, представленные моделью на основе фонем, включающей короткие гласные, и моделью на основе графем, в которой нет коротких гласных [6].

Более того, разработка системы распознавания арабской речи в первую очередь требует создания корпуса арабской речи. Обучение модели распознавания речи также требует создания арабского фонетического словаря и инструментов управления им. Такой словарь должен охватывать все возможные фонетические варианты произношения любого слова словарной системы. Важно, что некоторые исследования предоставляют основанную на правилах методику создания фонетических словарей арабского языка, включая систему распознавания речи с большим словарным запасом. Настоящее исследование направлено на обзор предыдущих исследований, посвященных проблемам, с которыми столкнулись арабские фонетические словари [7].

Фонетический словарь рассматривается как базовая структура, относящаяся к созданию системы распознавания арабской речи. Что касается арабской фонетики, значительная работа началась в 2002 г. В [8] было проведено всестороннее исследование арабской фонетики и выявлены почти самые важные моменты, касающиеся ее функции. В [9] была предложена фонетическая база данных арабского языка. Это предложение дало ценные подробности артикуляционного механизма арабских звуков. Он включает более 46 000 файлов. Авторы в [10] предложили группу арабских фонологических правил. В правила включены фонемы каждой буквы. Они также включали отдельные фонемы, образованные из комбинации букв. Другое исследование касалось арабских фонетических словарей, таких как [11]. Авторы подтвердили, что использование правил лингвистического произношения при создании словарей может привести к получению результатов, связанных с распознаванием смартфоном и слов на основе

современного стандартного арабского языка.

В последнее время многие исследователи занялись разработкой системы распознавания арабской речи. Например, в [12] проведено исследование, касающееся использования инструментов Sphinx для распознавания арабской речи. Авторы объяснили использование инструментов для распознавания изолированных арабских цифр. В этом исследовании данные были записаны от 6 говорящих. Они получили точность распознавания цифр 86,66%.

Кроме того, Таутарс в [13] провел сравнение между системой распознавания на основе графем и явным моделированием коротких гласных. Исследователи пришли к выводу, что моделирование коротких гласных улучшает качество распознавания. В [14] представлено описание разработки системы индексирования аудио для новостей арабского вещания. В их исследовании критические проблемы касались трех основных структур системы индексации аудио. Эти компоненты включали автоматическое распознавание речи, идентификацию названного объекта и идентификацию говорящего. Кроме того, исследование [15] заинтересовало словари арабского произношения. Исследователь разработал инструмент для создания словаря арабского произношения. Интересно отметить, что генерируемые словари строятся на основе небольшого речевого корпуса MSA, содержащего цифры или командный, а также управляющий словарь.

Важно, что целью данной статьи является определение проблем, с которыми приходится сталкиваться при разработке арабского фонетического словаря в отношении системы распознавания речи [16]. Поэтому в настоящем исследовании рассматривается литература, связанная с работами по арабскому фонетическому словарю. Установлено, что арабская фонетика рассматривается как одна из основных проблем распознавания арабской речи. Например, распознавание арабской речи имеет множество исследовательских проблем, которые вызывают проблемы, такие как наличие сложных слов, образованных соединением определенных союзов, артиклей, предлогов, отсутствие коротких гласных в письменном тексте, а также префиксов и суффиксов к основе слова. Другая проблема заключается в существовании локального контекста, вызывающего заметные изменения в фонетической модели данного текста, что приводит к неправильной классификации механизма распознавания в случае создания новой системы. Кроме того, словарь неправильного произношения, необходимый для разработки системы ASR, существует, а также отсутствуют замечания по речевым инструментам и модели ресурсов, реализующих систему автоматического

распознавания речи. Было рекомендовано не создавать фонетический словарь арабского языка, в котором гласные не имеют фонем; Должен быть создан арабский фонетический словарь, в котором фонемы арабских гласных следует рассматривать как часть фонем согласных. Также следует запустить машину, которая будет точно распознавать и отличать нормальную человеческую речь от речи любого другого говорящего. Это потенциально приводит к убеждению, что интеграция обновленных, развитых систем машинного перевода, вероятно, повышает качество системы перевода.

Было обнаружено, что система распознавания речи исследовала области различий, касающиеся арабской фонетики. Кроме того, следует инициировать создание арабского фонетического словаря, в котором фонемы арабских гласных должны рассматриваться как компонент фонем согласных. Таким образом, использование разработанных систем машинного перевода может повысить качество системы. В настоящей статье рассматриваются существующие проблемы, с которыми сталкивается арабский фонетический словарь.

Список используемых источников

1. Abdelminaam D.S. и др. Arabic dialects: An Efficient Framework for Arabic dialects opinion mining on Twitter using optimized deep neural networks // IEEE Access. 2021. Т. 9. С. 97079–97099.
2. Almeman K. The building and evaluation of a mobile parallel multi-dialect speech corpus for Arabic // Procedia Computer Science. 2018. Т. 142. С. 166–173.
3. Alsayadi H.A. и др. Arabic speech recognition using end-to-end deep learning // IET Signal Processing. 2021. Т. 15. № 8. С. 521–534.
4. Alsharhan E., Ramsay A. Improved Arabic speech recognition system through the automatic generation of fine-grained phonetic transcriptions // Information Processing & Management. 2019. Т. 56. № 2. С. 343–353.
5. Alsharhan E., Ramsay A. Investigating the effects of gender, dialect, and training size on the performance of Arabic speech recognition // Language Resources and Evaluation. 2020. Т. 54. № 4. С. 975–998.
6. Alsulaiman M. и др. KSU Speech Database: Text Selection, recording and Verification // 2013 European Modelling Symposium. 2013.
7. Alsulaiman M., Mahmood A., Muhammad G. Speaker recognition based on Arabic phonemes // Speech Communication. 2017. Т. 86. С. 42–51.
8. Azmi M.M., Tolba H. Syllable-based automatic Arabic speech recognition

in Noisy Environment // 2008 International Conference on Audio, Language and Image Processing. 2008. C. 211–220.

9. Bahi H., Sellami M. Combination of vector quantization and hidden Markov models for Arabic speech recognition // Proceedings ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications. C. 96–100.

10. Dib M. Arabic automatic speech recognition // Automatic Speech Recognition of Arabic Phonemes with Neural Networks. 2018. C. 61–91.

11. Mansour Alsulaiman. A technique to overcome the problem of small size database for automatic speaker recognition // International Journal of the Physical Sciences. 2012. T. 7. № 13.

12. AbuZeina D., Elshafei M. Cross-word modeling for Arabic speech recognition // SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering. 2012.

13. Meftah A.H., Alotaibi Y.A., Selouani S.-A. Evaluation of an Arabic speech corpus of emotions: A Perceptual and statistical analysis // IEEE Access. 2018. T. 6. C. 72845–72861.

14. Shon S., Ali A., Glass J. MIT-QCRI Arabic dialect identification system for the 2017 multi-genre broadcast challenge // 2017 IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop (ASRU). 2017.

15. Soumia Bougrine H.C., Abdelali A. Spoken Arabic Algerian dialect identification // 2018 2nd International Conference on Natural Language and Speech Processing (ICNLSP). 2018.

16. Zubi Z.S., Idris E.J. Arabic dialects system using Hidden Markov models (hmms) // WSEAS TRANSACTIONS ON COMPUTERS. 2022. T. 21. C. 304–315.

СОЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ

Давыдова О.В – к.п.н, доцент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»

Газизов И.С. – студент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»

Аннотация

В статье рассматриваются ключевые вопросы социальных последствий промышленной революции в условиях информационной экономики с позитивной и негативной позиции. Выявлены их критерии и системные взаимосвязи. Актуализируются задачи социальной адаптации различных поколений современности, влияющие на взаимодействие социокультурных факторов на динамику научно-технической революции.

Развитие общества связано с научно-техническим прогрессом и цикличностью волнообразной экономики, обоснованное Николаем Кондратьевым в начале 20 века, где начало каждой волны запускает всплеск инноваций, которые в свою очередь ведут к росту товарного разнообразия и падению цен, затем следует кризис перепроизводства, падение спроса и сползание экономики в яму. После чего все повторяется заново – новым технологическим прорывом. Это также находит отражение в социальном и культурном общественном развитии [1, 2, 8, 9].

Исторический опыт социальных последствий промышленной революции с позитивной и негативной позиции, а также актуализация социальной адаптации различных поколений современности, в условиях информационной экономики-исследуемая проблема, связанная с развитием науки и техники.

Промышленный переворот, или промышленная революция – это комплекс изменений в обществе и системе производства, которые происходили в наиболее развитых государствах в период с 18 по 20 век. Изменения касались основных сфер жизнедеятельности человека и кардинальным образом преобразовали мир, который приобрел современные черты и научился активно двигаться вперед, развиваться, осуществляя массовый переход от ручного труда к машинному, от мануфактуры к фабрике [6].

Основным следствием промышленного переворота являлась индустриализация, с переходом от преимущественно аграрной экономики к промышленному производству, в результате которого, аграрное общество

трансформировалось в индустриальное, а затем в постиндустриальное и информационное [4].

Рассмотрим социальные последствия в исторической последовательности.

Исторически промышленная революция началась в конце 18 в. на территории Великобритании (рис. 1) и активно двигалась вперед, благодаря стабильному притоку капитала из колоний, развитию торговли, упорядочению и внедрению новых социальных институтов, ускоренному развитию науки, техники [2].

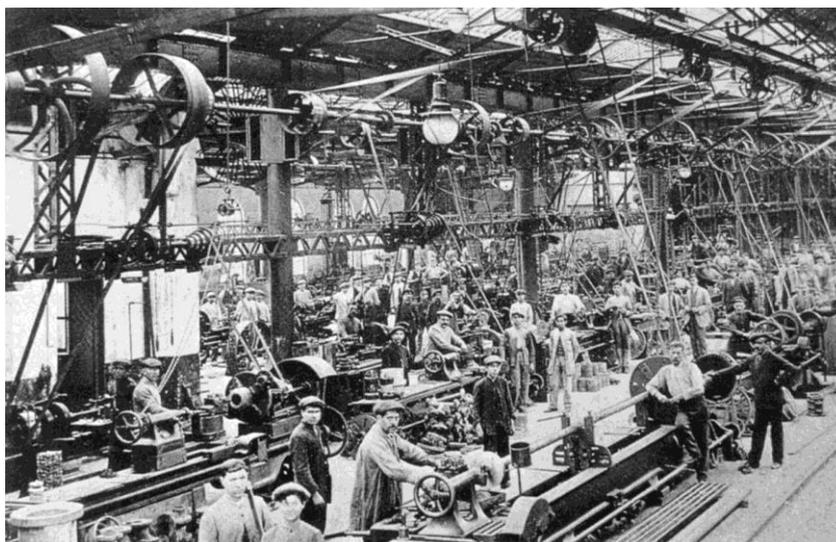


Рис.1 Промышленная революция в Англии

Были изобретены паровые машины, которые использовались для приведения в движение различных механизмов, таких как ткацкие станки (рис. 2). Также были сделаны открытия в области химии, которые позволили создавать новые материалы и процессы для производства товаров. В области металлургии были разработаны новые методы выплавки металлов, которые позволили увеличить производство стали. Кроме того, были сделаны важные открытия в области механики и машиностроения, что позволило создать более эффективные и производительные машины и оборудование.

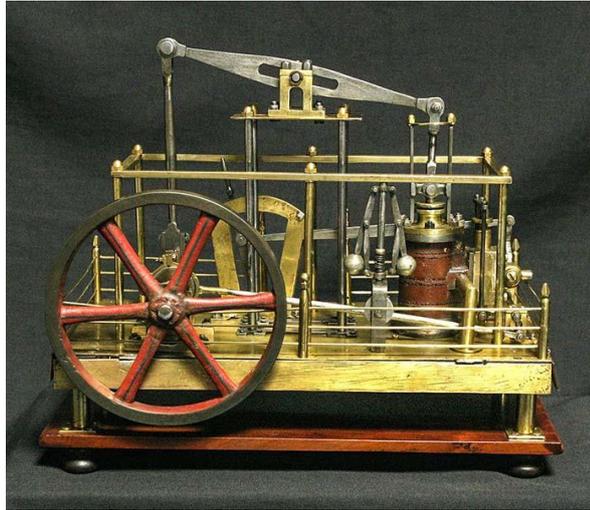


Рис. 2. Ткацкий станок

Дошло до того, что на темных улицах Лондона в начале 19 в. появились наконец-то первые газовые светильники. Это снизило существенно стоимость освещения и позволило продлить рабочий день, что увеличило и продуктивность работы, и прибыль. На этом же этапе в лучшую сторону начала меняться и жизнь самих людей [2].

Одним из примеров может служить рост населения городов (рис. 3), который привел к увеличению спроса на промышленные товары, такие как одежда, обувь, мебель и другие товары для дома. Также увеличение численности населения в целом привело к увеличению спроса на продукты питания, строительные материалы, новые дома и постройки, транспортные средства и другие товары, которые необходимы для обеспечения жизни и деятельности людей.

В период промышленной революции были созданы новые машины и технологии, которые позволили производить товары быстрее и эффективнее. Те же паровые двигатели, которые использовались для привода станков и других машин. Также были разработаны новые материалы, такие как сталь и чугун, которые использовались в производстве и строительстве. Кроме того, была улучшена транспортная система, что позволило быстрее перевозить товары и людей.

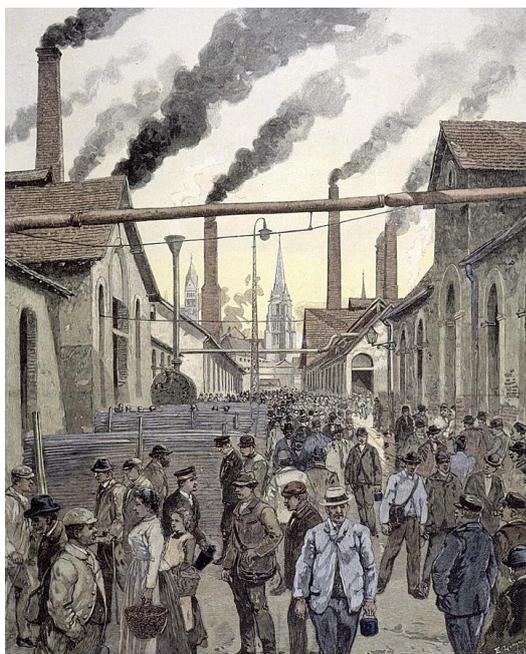


Рис. 3. Увеличение численности населения

Использование новых технологий в сельском хозяйстве, таких как механизация и использование химических удобрений позволило увеличить производство продуктов питания и высвободить рабочие руки для работы в промышленности (рис. 4). Также в период промышленной революции начали использоваться паровые машины для обработки земли, что также позволило увеличить производительность труда. Еще одним примером является использование новых методов ведения сельского хозяйства, таких как севооборот и использование селекции животных для увеличения производства продуктов питания. Это также позволило высвободить рабочие руки для работы в других отраслях промышленности.

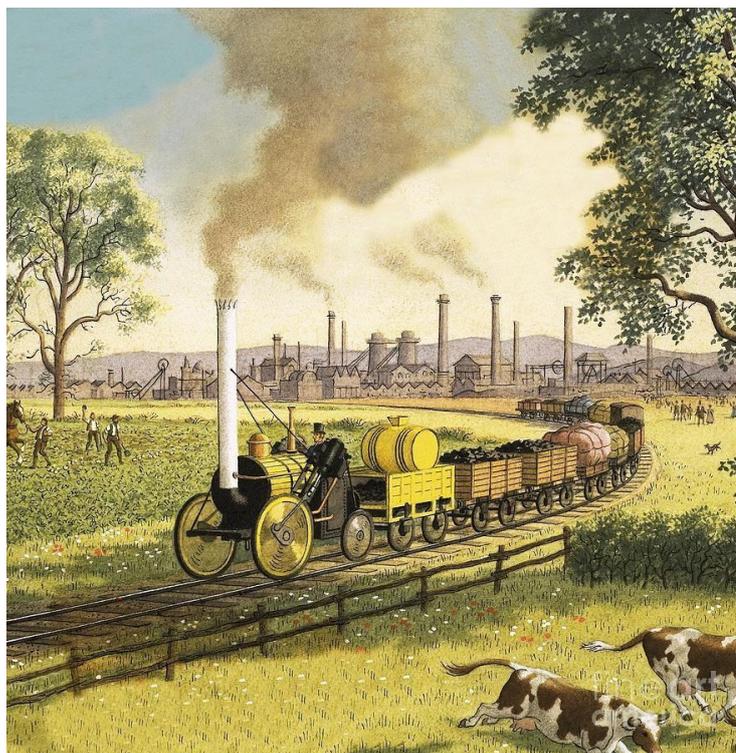


Рис. 4. Изменение аграрного сектора

Современное животноводство и сельское хозяйство: это животноводческие и сельскохозяйственные фермы и комплексы, направленные на выращивание продуктов питания в замкнутых системах, минимизирующих негативное воздействие на окружающую среду

В период промышленной революции началось активное освоение новых месторождений угля и железной руды, что было необходимо для обеспечения работы промышленных предприятий. Например, в Великобритании началась активная разработка угольных месторождений, что позволило обеспечить топливом заводы и фабрики. В России также началась активная добыча железной руды, которая использовалась для производства стали и других металлических изделий.

Использование железной руды для производства стали привело к значительным изменениям в обществе. Во-первых, это позволило создавать более прочные и долговечные инструменты и оборудование, что ускорило развитие промышленности. Во-вторых, использование стали в производстве оружия привело к увеличению милитаризации общества и росту конфликтов между странами. В-третьих, использование стали в строительстве позволило создавать более прочные и устойчивые здания и сооружения, что улучшило качество жизни людей.

Паровой двигатель после необходимых доработок начал активно внедряться свободными предпринимателями в процессы производства. С его помощью начали откачивать воду из затопленных шахт, что позволило эффективно добывать недорогой уголь. одной из такой была машина Ньюкмана (рис. 5) которая получила широкое распространение в 18 в. Чуть позже такие устройства приспособили для установки на ткацких фабриках, мельницах. Также с их помощью научились обслуживать доменные печи. Это помогло ускорить, стандартизировать и удешевить в будущем большую часть производственных процессов [3].

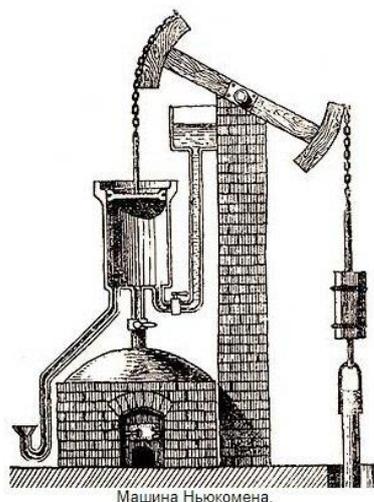


Рис. 5. Машина Ньюкмана для откачки воды

В период промышленной революции произошли значительные изменения в транспортных системах. Были построены новые каналы, железные дороги и улучшены морские пути, что облегчило перевозку товаров и сырья между различными регионами и странами.

Одним из наиболее значимых достижений стало строительство каналов, которые соединяли различные реки и озера, позволяя осуществлять перевозку грузов на большие расстояния. Например, был построен Суэцкий канал, который соединил Средиземное и Красное моря, что значительно облегчило торговлю между Европой и Азией.

Также было построено множество железных дорог, которые позволяли перевозить грузы быстрее и на большие расстояния. Железные дороги были особенно важны для перевозки угля, железной руды и других ресурсов, необходимых для развития промышленности.

Морской транспорт также претерпел значительные изменения. Были созданы более быстрые и надежные корабли, которые могли перевозить большие грузы на

большие расстояния. Это позволило расширить торговлю и колониальную экспансию, а также облегчило доставку товаров и ресурсов в отдаленные регионы [4]. Примером служит американский парусно-паровой пакетбот-парусник, оснащённый вспомогательной паровой машиной с бортовыми гребными колёсами. Корабль был назван в честь американского города Саванна в штате Джорджия. «Саванна» (рис. 6) стала первым самоходным судном, пересёкшим Атлантический океан.



Рис. 6. Картина Хантера Вуда «Саванна», 1819 г.

Быстро развивающаяся промышленность и обслуживающий сектор предоставляли множество новых рабочих мест. Главным источником пополнения армии наёмных рабочих стали обнищавшие крестьяне, которые переселялись в города, а также разорившиеся ремесленники [1, 7].

Также изменения коснулись и организация рабочего места. Возникли новые формы организации труда, такие как фабрики и заводы. Эти формы организации труда требовали большей специализации и координации между работниками, что привело к изменению социальных отношений и формированию новых классов общества.

Кроме того, в этот период произошло значительное увеличение уровня образования, особенно среди мужчин. Это позволило работникам получить необходимые знания и навыки для работы на новых промышленных предприятиях. Также образование способствовало распространению новых идей и технологий, что способствовало развитию промышленности и строительству новых заводов (рис.7).



Рис.7 Доменные печи на сталелитейном заводе Питтсбург Нортсайд

Все эти факторы привели к возникновению индустриального общества и прогрессу в жизни людей, характеризующегося переходом от низшего к высшему, от простого к более сложному, движением вперед к более совершенному.

Особенности прогресса в его относительности и противоречивости, с наличием позитивных последствий для одной сферы, но одновременно негативных для другой, например, развитие промышленности отрицательно влияет на экологическую обстановку в регионе.

Среди критериев прогресса выделяют такие, как человеческий разум и нравственность людей; их степени свободы и развитие производительных сил общества, а также прогресс науки и техники [5].

В связи с этим, особое внимание уделим понятиям «прогресс», «регресс», «стагнация» и «социальный прогресс», когда переход с одного этапа на другой носит системный характер, и прогрессивное развитие чередуется с процессами деградации, т.е. регрессом, задержкой общественного развития – стагнацией и социальным прогрессом, основанным на изменениях, в результате которых осуществляется переход к более высокому уровню материального производства и благосостояния людей, где успешно функционирует и развивается человеческая личность.

У социального прогресса выделяют две формы: революция – коренной переворот в обществе, в ходе которого изменяется большинство общественной жизни, переход от старого к новому и реформа – частичное преобразование в какой-нибудь конкретной сфере жизнедеятельности.

На смену революциям и реформам в современном обществе появились инновация и модернизация, как однократное улучшение, связанное с повышением адаптационных возможностей социального организма в данных условиях и процесс полной или частичной реконструкции общественной системы с целью ускорения её развития.

Таким образом, социальные последствия промышленной революции в условиях информационной экономики, включающие инновацию и модернизацию:

- изменилась система производства и все человечество, для которого порядок и состояние вечного поиска стало необходимым и привычным явлением, где промышленный переворот совершается чуть ли не ежедневно;

- человек, упрощая свою жизнь по итогам промышленного переворота использует современные технологии и искусственный интеллект, которым необходимо управлять;

- любые хозяйственные успехи, так или иначе, осуществляются за счет социальной стороны жизнедеятельности населения и отражаются в ней, а эти изменения далеко не всегда могут восприниматься населением как положительные и реально быть таковыми;

- экономические достижения вовсе не всегда реализуются в виде социального прогресса, а социальный прогресс может не иметь отдачи в виде экономических достижений;

- развитие новых технологий и увеличение экономического потенциала позволяют странам расширять свою торговлю и колониальные захваты, распространять новые идеи, технологии и культурные ценности по всему миру.

Это начало эры механизмов, роботов и искусственного интеллекта. Конечно, сейчас мы знаем о Генри Форде, который использовал конвейерную систему для производства автомобилей, Томасе Эдисоне, который изобрел электрическую лампочку, братьях Райт, которые создали первый самолет, Марксе и Энгельсе, которые написали «Капитал». Также благодаря Чарльзу Бэббиджу – математику и изобретателю, известному своими работами в области вычислительной техники, Майклу Фарадею – ученому, открывшему законы электролиза и электромагнитной индукции, Аде Лавлейс – математику, разработавшей первую программу для вычислительной машины, Джорджу Стефенсону – инженеру и изобретателю, создавшему первый рабочий паровоз, Братьям Монгольфье – изобретателям первого воздушного шара, наполненного горячим воздухом, Джеймсу Уатту –

инженеру и ученому, создавшему первую практическую паровую машину человечество наконец-то вступило в новую для себя эру развития, изучило, поняло и научилось применять его принципы на благо настоящих и будущих поколений.

Список используемых источников

1. Гриценко С.Н. Социальная мобильность в Древнем Риме в III веке: социальная лестница или социальный лифт / Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. 2020. № 2 (27). С. 45-47.

2. Ерофеев Н.А. Промышленная революция в Англии. М., 1963. 184 с.

3. Кондратьев Н.Д. [Электронный ресурс]: https://ru.wikipedia.org/wiki/Кондратьев,_Николай_Дмитриевич (дата обращения 20.12.2023).

4. Ли Юань Юань. Социальная эволюция китайского общества: социально-философское осмысление транзитивного опыта социальных преобразований: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата философских наук / Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону, 2014. 33 с.

5. Понятие общественного прогресса и его критерии [Электронный ресурс]: https://foxford.ru/wiki/obschestvoznanie/ponyatie-obschestvennogo-progressa-i-ego-kriterii?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (дата обращения 20.12.2023).

6. Промышленная революция [Электронный ресурс]: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D0%B8%D1%8F (дата обращения 20.12.2023).

7. Романов, Э.В., Лелецкий А.В., Лабунин К.А. Промышленный переворот и его значение для человечества, г. Орёл [Электронный ресурс]: <https://cyberleninka.ru/article/n/promyshlennyu-perevorot-i-ego-znachenie-dlya-chelovechestva/viewer> (дата обращения 20.12.2023).

8. Хобсбаум Э. Век революции. Европа 1789–1848. Ростов: Изд-во «Феникс», 1999. 512 с.

9. Циклы Кондратьева: За что расстреляли советского ученого, просчитавшего всю мировую экономику? | История России | Дзен (dzen.ru)

[Электронный ресурс]. <https://dzen.ru/a/ZA4mGJDTsBHsCUQa> (дата обращения 20.12.2023).

10. Юдовская А.Я. Всеобщая история. История Нового времени. 1500–1800. М.: «Просвещение», 2012. 304 с.

СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ – БЕТОН: ИСТОРИЯ, РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИИ

Давыдова О.В. – к.п.н, доцент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»

Сорокин Г.А. – студент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»

Аннотация

В статье рассматриваются этапы формирования бетона, приводятся исторические сведения по формированию состава бетона, проанализированы возможности использования бетона в настоящем, прошлом и будущем. Рассмотрены методы научного поиска связующих компонентов, в том числе с позиции вторичной переработки. Выявлены условия бетонирования в 3D-печати

Бетон является одним из самых древних строительных материалов, история которого насчитывает несколько тысячелетий. Его использование началось еще в Древнем Риме, где он применялся для строительства акведуков, дорог и общественных зданий.

Однако настоящий расцвет бетона начался в XIX в., когда был изобретен железобетон – материал, сочетающий в себе прочность стали и долговечность бетона. Железобетон позволил строить более высокие и прочные здания, такие как небоскребы и мосты.

С течением времени бетон продолжал развиваться и совершенствоваться. Появились новые виды добавок, улучшающих его свойства, например, пластификаторы и гидрофобизаторы. Также были разработаны самоуплотняющиеся бетоны, которые позволяют автоматизировать процесс укладки, и бетоны с низким уровнем выбросов углекислого газа, соответствующие современным экологическим стандартам [1].

На сегодняшний день бетон остается одним из наиболее широко используемых строительных материалов в мире. Он продолжает развиваться и

адаптироваться к новым требованиям и технологиям, оставаясь при этом надежным и долговечным материалом для строительства.

Проблема заключается в отсутствии полной и точной информации об этапах развития бетона как строительного материала, а также в недостаточном понимании влияния каждого этапа на свойства и технические характеристики бетона [2]. Это приводит к трудностям в выборе оптимальных технологий и составов для производства бетона, а также к снижению качества и долговечности строительных конструкций. Для решения этой проблемы необходимо провести детальное исследование истории развития бетона, определить ключевые факторы, влияющие на его свойства. Также проведен анализ использования бетона в будущем с учетом его развития.

Бетон является одним из самых древних строительных материалов, и его история насчитывает несколько тысячелетий. Рассмотрим основные этапы развития бетона.

1. Древний мир: первые упоминания о бетоне встречаются в Древнем Египте и Месопотамии (примерно 4000-5000 лет назад). В состав бетона входили такие материалы, как вода, песок, гравий и глина, смешанные с добавлением воды до получения однородной массы. Бетон использовался для создания фундаментов зданий, стен и даже статуй.

2. Римская империя: римляне усовершенствовали технологию производства бетона и разработали новые методы его использования. Они использовали бетон для строительства акведуков, дорог, мостов, амфитеатров и даже грандиозных зданий, таких как Колизей. Римский бетон отличался более высоким качеством и прочностью благодаря использованию вулканического туфа и извести.

3. Средние века: после падения Римской империи технология производства и использования бетона была забыта на несколько столетий. Однако в средневековье бетон снова начал использоваться в строительстве, особенно при создании крепостей и замков.

4. Индустриальная революция: в XIX в. с развитием науки и техники стали появляться новые виды бетона, такие как цементный бетон.

Точную дату появления бетона определить сложно, как и проследить весь путь развития этого строительного материала. Однако археологические находки, подобные той, что была сделана участниками экспедиции на берегу Дуная, свидетельствуют о его долгой истории. Найденные там остатки жилища,

построенного около 5000 лет назад, включают полы толщиной в 25 см из так называемого доисторического бетона. В качестве связующего вещества в нем использовалась красная глина, роль армирования выполнял мелкозернистый речной песок [5].

Примеры использования различных растворов для соединения мелких и крупных камней были известны еще в древнем Египте, Финикии, Вавилоне и Карфагене. Самая ранняя дата использования бетона – это 1950 г. до н.э., когда он был найден в гробнице в Тебесе, Египет. Бетон использовался для создания монолитного свода в пирамиде Ним, галереях египетского лабиринта еще до нашей эры (3600 год до н.э.) [3].

Много информации можно найти о зданиях римского периода, построенных с использованием «бетона» в качестве основного строительного материала. Исследователи полагают, что первые настоящие цементные вяжущие вещества (не известь, как в случае с древними зданиями) начали использоваться в южной Италии во II веке до н. э. Многие приписывают изобретение цемента римлянам, так как некоторые названия даже были заимствованы от них. Например, особый вид вулканического пепла, называемый «пуццолан», впервые использовали недалеко от города Поццуоли, расположенного в заливе Неаполя. Этот пуццолан широко использовался в цементе, от него пошло название вида вяжущего вещества, которое сегодня называется пуццолановый цемент [3].

Одними из первых стали использовать бетон народы Индии и Китая. Жители островов Эгейского моря начиная с VII-VI вв. до н.э. применяли растворы на основе жирной извести с добавлением гидравлических добавок. Технология изготовления бетона распространялась в Восточном Средиземноморье и к 500 г. до н.э. достигла Древней Греции, где для облицовки стен использовался мелкозернистый известково-бетонный раствор.

С I в. до н.э. состав бетона начал меняться: размер заполнителей стал меньше, а количество земли снизилось, но при этом выросла прочность бетона. В эпоху Юлия Цезаря стали использовать пуццоланы вместо песка, например, для создания волнолома около Неаполя. К концу I века до н.э. бетон стал наиболее популярным конструкционным материалом [2]. Из него строили крупные общественные здания с монолитными бетонными фундаментом и стенами. Строители того времени стандартизировали состав смесей, уменьшив размер заполнителей и тщательно отбирая песок для различных работ.

С конца XVIII в. для фундаментов и балок стал использоваться монолитный бетон, и до середины XIX в. были примеры строительства зданий из бетона. Однако в то время его использовали как недорогой материал, не учитывая его декоративных свойств. После создания портландцемента в XIX в. началось широкое использование бетона в строительстве, поскольку молодые капиталистические страны нуждались в недорогом и доступном строительном материале. Первоначально бетон использовался для создания монолитных конструкций и сооружений. Возводились крытые павильоны и выставки. Интерес к этому материалу сохранялся из-за его свойства огнестойкости. Однако попытки сочетать конструктивные и декоративные качества бетона были редкими [3].

Появление железобетона привело к использованию подвижных смесей, но это затрудняло получение высокопрочного бетона и приводило к увеличению расхода цемента. Поэтому важным достижением стало изобретение способа уплотнения бетонной смеси путем вибрирования. В это же время был предложен метод предварительного напряжения арматуры в бетоне, который позволил снизить расход арматуры в конструкциях и повысить их долговечность. Одной из первых построек, демонстрирующих пластические свойства бетона, стала церковь Иоанна Богослова в Париже. Ее большие железобетонные арки, поддерживающие купол, стали ярким примером возможностей нового материала. Декоративные элементы из железобетона подчеркивали пластическую гибкость этого материала, а стоимость строительства оказалась вдвое ниже по сравнению с использованием традиционных материалов.

Появление сборного железобетона значительно ускорило темпы строительства. Это сопровождалось разработкой новых вяжущих материалов и бетонов, а также улучшением методов проектирования состава бетонных смесей. Началась массовая застройка жилых районов, а простота и экономическая выгода использования бетона сделали его основным строительным материалом. Однако это уже не был тот материал, который нужно было привозить издалека, ведь он буквально «лежал под ногами». Поэтому из бетона строят общественные, деловые здания, музеи и жилые дома, из категории элитных материалов он переходит в категорию повсеместно используемых при строительстве различных объектов.

В ближайшем будущем бетон сохранит свои лидирующие позиции, прежде всего потому, что его сырьевая база достаточно обеспечена, в то время как другие источники сырья могут иссякнуть. Таким образом, география использования

железобетона будет расширяться за счет стран, где в настоящее время строительство ведется преимущественно из металла и дерева (Канада, Норвегия, Финляндия). Значительным аргументом в пользу использования бетона является рост населения в развивающихся странах (соответственно, увеличение потребности в жилье), а также такие факторы, как индустриализация, урбанизация и концентрация населения в больших городах, экономия земельных ресурсов и увеличение этажности зданий. Индустриализация строительства становится насущной необходимостью для развивающихся стран, что потребует развития и использования бетона [8].

Современные исследователи разных стран исследуют новые составы бетонов, основанные на рециклинге (табл.1)

Табл. 1

Инновационный состав бетона

Название строительного материала	Состав элементов вторичного производства	Какие свойства улучшены	Авторы/исследователи
Модифицированные бетоны	Органо-минеральные модификаторы. Дисперсные отходы металлургии и электроэнергетики - улавливаемые дымы в сочетании с органическими суперпластификаторами	Малоцементность, прочность, коррозионная стойкость, самоуплотнение, компенсированная усадка	д.т.н. Шейнфельд Андрей Владимирович, д.т.н. Каприелов Семён Суменович (НИИЖБ им. Гвоздева)
Биоинеральные добавки для самозалечивания бетона	Биоинеральные добавки индукции карбоната кальция	Восстановление сплошности бетона	д.т.н. Черных Тамара Николаевна (ЮУрГУ)
Пластифицирующие добавки для глиноземистого цемента	Нафталин-формальдегидная добавка С-3. Меламин-формальдегидная добавка Melment 245.	Быстрый набор прочности.	Аспирант Швецова Виктория Андреевна (МГСУ)
«Живой» бетон	Новый строительный материал представляет собой биоминерализованную гидрогелево-песчаную субстанцию, которая благодаря работе бактерий превращает песок в кирпичи	позволяющей применять такой бетон в условиях засухи,	Ученые из Колорадского университета в США
Светящийся цемент	Добавив в материал флуоресцентные компоненты, способные поглощать солнечную энергию	Новый флуоресцирующий цемент обладает высокой устойчивостью к ультрафиолетовым лучам и имеет расчетную срок службы около 100 лет	Мексиканский ученый Хосе Карлос Рубио

Самовосстанавливающийся бетон	Старый треснувший бетон, бактерии	Восстановление трещин в бетоне	Хенк Джонкерс
-------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	---------------

Существуют и внутренние факторы, указывающие на перспективность использования бетона в архитектуре. Непрерывное улучшение технических характеристик и совершенствование технологии производства бетона приводит к повышению его прочности и снижению веса, внедрению эффективных методов и конструкций. В настоящее время разрабатываются различные виды добавок в бетон, включая противоморозные, пластификаторы (супер- и гиперпластификаторы) и гидрофобизаторы. Состав бетонной смеси постоянно совершенствуется. Также проводятся исследования в области создания совершенно новых типов бетонов – нанобетонов – которые по своим свойствам превосходят современные бетоны [6].

Одним из наиболее интересных и перспективных направлений является разработка самоуплотняющихся бетонов (СУБ). Использование СУБ может существенно повысить производительность бетонного строительства, а также обеспечить ряд преимуществ с точки зрения экологической безопасности строительной отрасли. Основным отличием СУБ от традиционных бетонов является его способность к значительной деформации без применения механического воздействия. Благодаря высокой деформативности и устойчивости, СУБ способен свободно перемещаться через густую арматуру и заполнять формы под своим весом без использования вибрационного оборудования. Считается, что физико-механические свойства застывшего СУБ аналогичны обычному бетону с таким же водо-вяжущим соотношением, но при этом обладают более высокими характеристиками прочности и долговечности. К числу неотъемлемых преимуществ технологии самоуплотняющегося бетона можно отнести улучшение производственных условий, ускорение строительного процесса, снижение потребности в ремонте бетонных конструкций, увеличение степени заводской готовности железобетонных элементов и общей производительности труда [4].

Также активно развиваются технологии высокопрочного бетона. Если ранее бетон марки 400 считался высокопрочным, то с ростом активности цемента и увеличением объемов его производства на смену ему приходят еще более прочные марки бетона - 800 и выше. Значительная часть несущих элементов промышленных

и транспортных объектов выполняется из сборного железобетона. Использование высокопрочного бетона позволяет сократить расход материала, снизить вес и стоимость сооружений, а также уменьшить трудоемкость их изготовления и установки. Применение высокопрочного бетона дает возможность значительно увеличить производительность заводских линий без существенных изменений в технологии работ. Использование высокопрочного бетона открывает новые возможности для создания более экономичных конструкций (особенно в отношении перекрытий больших пролетов), которые позволяют снизить вес сооружений за счет более эффективного использования материала.

В настоящее время ведется разработка технологии трехмерной печати бетоном, которая в перспективе позволит создавать полномасштабные строительные элементы, что предоставит архитекторам полную свободу творчества, поскольку элементы будут создаваться непосредственно по цифровым моделям. Для такой печати разработан специальный вид бетона, прочность которого составляет 95% от прочности обычного бетона, и создана опытная модель скамейки.

Специалисты Института монолитного строительства Дрезднерского технического университета разработали новый строительный материал - углебетон. Этот материал является аналогом железобетона, однако он более легкий и прочный благодаря использованию углеволоконной арматуры вместо стальной [7]. В качестве арматуры используется особый текстильный материал под названием углеткань, который на самом деле является нетканым полотном, изготавливаемым на вязально-прошивных станках. Важными преимуществами углебетона являются его долговечность, существенно превышающая долговечность обычного железобетона, и отсутствие коррозии арматуры. Углебетон не ржавеет и позволяет экономить бетонную смесь [10].

На протяжении более ста лет бетон и железобетон играют важную роль в развитии архитектуры. За это время они претерпели ряд изменений и стали использоваться в различных конструктивных элементах, включая соединения с другими строительными материалами. Благодаря постоянному совершенствованию, сегодня мы можем говорить об изменении отношения к их конструктивным и декоративным особенностям. В ходе нашего исследования мы обнаружили, что история бетона уходит своими корнями в глубокую древность, однако впоследствии его рецепт был утрачен.

Также стало ясно, что в древние времена люди использовали бетон исключительно как дорогой и особо ценный материал, из которого возводились только наиболее значимые сооружения. После своего «возрождения», он стал использоваться преимущественно как утилитарный, легко доступный и недорогой материал, хотя примеры его выдающегося применения все же можно найти.

Говоря о будущем бетона, можно с уверенностью сказать, что этот материал обладает огромным потенциалом, и способы его совершенствования могут быть самыми разнообразными, что лишь усиливает его позиции. Уникальные свойства бетона, такие как повсеместная доступность его составляющих, экономичность, долговечность, возможность повторного использования и простота переработки, сделали его самым широко используемым строительным материалом в мире [10].

Список используемых источников

1. Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник / Баженов Ю.М. 5-е издание. М.: Издательство АСВ, 2015. 528 с.
2. Дорофеев В. Возможности бетона // Техника молодежи. 2003. № 4. 9 с.
3. Кочетов В.А. Римский бетон – из истории строительства и строительных технологий Древнего Рима. М.: Стройиздат, 1991. 111 с.
4. Младова М.В. Катехизис по бетону. М.: ФГУП «ПИК Винити», 2005. 127 с.
5. Онлайн журнал «Progrinding» [Электронный ресурс]. 2023. URL: <http://progrinding.ru/2012/08/16/3d-pechat-budushhee-betona> (дата обращения: 27.10.2023).
6. Пирожников Л.Б. Занимательно о бетоне / Под. ред. А.Н. Попова. 2-е изд., доп. М., Стройиздат, 1986. 104 с.
7. Сайт союза производителей бетона [Электронный ресурс]. 2023. URL: http://www.concrete-union.ru/articles/index.php?ELEMENT_ID=13039 (дата обращения: 27.10.2023).
8. Строительный материал – углебетон. <http://budport.com.ua/articles/122-stroitelnyu-material-buduschego-uglebeton> [Электронный ресурс]. 2023. (дата обращения 27.10.2023).
9. Суздальцева А.Я. Бетон в архитектуре XX века. М.: Стройиздат, 1981. 208 с.

10. Трамбовецкий В.П. Новые подходы к технологии бетона и перспективы её развития // Технологии бетонов. 2013. № 4. С. 37.

ТЕСТИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ WiFi

Пустоветов М.Ю. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Пустоветов К.М. – студент бакалавриата, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

Аннотация

В статье представлены результаты экспериментальной проверки характеристик беспроводной связи WiFi смартфона с роутером в пределах квартиры в доме с железобетонными несущими стенами. Проведены измерения пинга (ping) – времени передачи информации на сервер и обратно, входящей скорости (download speed) – скорости получения данных из Интернета и исходящей скорости (upload speed) – скорости отдачи данных в Интернет. Представлена графическая интерпретация интегральных показателей качества беспроводной связи WiFi.

Темой исследования является рассмотрение качества беспроводной WiFi связи [1] смартфона с роутером в пределах квартиры, расположенной в доме серии 45456 («хрущевка») с панельными несущими стенами. В качестве оборудования предоставления связи используется домашний шлюз Ethernet (роутер) Innbox E70 Iskratel с двухдиапазонным WiFi 2,4 ГГц и 5 ГГц с автоматическим переключением частотных диапазонов [2]. В качестве мобильного устройства используется смартфон Redmi Note 10 Pro, псевдоним модели M2101K6G. Для регистрации характеристик беспроводной WiFi связи используется программное обеспечение Speedtest.

На рисунке показан план квартиры с расположением роутера и точек измерения характеристик беспроводной связи WiFi. На рисунке внутренние размеры каждого помещения, ограниченного несущими стенами, составляют 5000 x 3000 мм.

М – точка размещения роутера, узел беспроводной WiFi связи.

1, 2, 3, ..., 12 – точки измерения характеристик беспроводной связи WiFi.

Все измерения проводились на высоте 0,8 м над уровнем пола, на этой же высоте установлен модем.

В таблице приведены результаты измерений характеристик беспроводной связи WiFi в точках, отмеченных на рисунке.

Измерения проводились первоначально для точки М (однократно), а затем для остальных точек последовательно в порядке возрастания номеров (для каждого из трех режимов беспроводной связи WiFi: автоподключение к более сильному источнику сигнала (автовыбор частотного диапазона); частота 5 ГГц; частота 2,4 ГГц). Измерения не были синхронизированы, поэтому, нельзя исключить, что показатели в точке М, т. е. на роутере, имеющем проводное Ethernet подключение к провайдеру, могли претерпевать случайные изменения в процессе производства измерений.

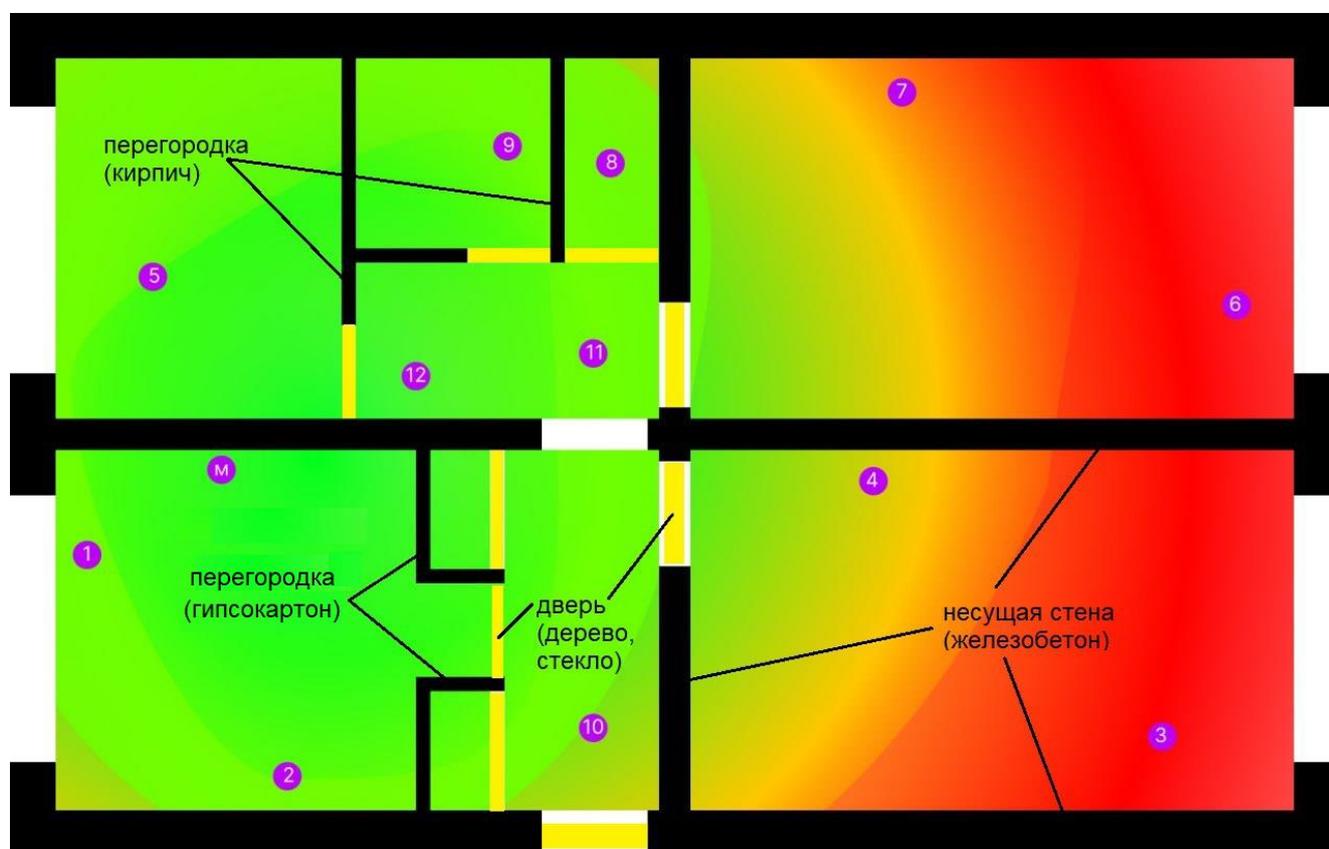


Рис. 1. Графическая интерпретация интегральных показателей качества беспроводной связи WiFi

В таблице приведены результаты измерений характеристик беспроводной связи WiFi в точках, отмеченных на рисунке.

На рисунке дана графическая интерпретация интегральных показателей качества беспроводной связи WiFi на основе результатов измерений для режима

связи I (смотри таблицу). На рисунке зеленым цветом обозначена зона «хорошей связи». Чем краснее цвет – тем хуже качество связи.

Табл. 1

Результаты измерений характеристик беспроводной связи WiFi

Характеристика качества связи	Обозначения точек, в которых проводятся измерения пинга (ping) – времени передачи информации на сервер и обратно, входящей скорости (download speed) – скорости получения данных из Интернета и исходящей скорости (upload speed) – скорости отдачи данных в Интернет, в качестве характеристик беспроводной связи WiFi смартфона с роутером												
		Режим связи I: автоподключение к более сильному источнику сигнала (автовыбор частотного диапазона)											
	М	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ping, мс	3	3	3	4	3	5	9	4	3	3	2	3	2
Download, Мбит/с	82,8	78,2	76,7	19,7	20,1	32	19,6	18,1	23,9	32,3	34,4	35,4	35,4
Upload, Мбит/с	93,0	91,4	91,7	28,4	35,5	47,2	33,1	24,1	41,8	46,4	45,7	49,7	47,8
		Режим связи II: частота 5 ГГц											
Ping, мс		3	3	Связь отсутствует	5	3	6	8	4	Связь отсутствует	3	4	3
Download, Мбит/с		89,8	90,5		77,0	88,5	1,60	1,58	88,2		88,9	84,9	91,2
Upload, Мбит/с		92,6	92,0		68,1	93,1	2,51	1,45	93,0		93,1	92,9	92,8
		Режим связи III: частота 2,4 ГГц											
Ping, мс		4	3	4	3	3	4	3	4	4	3	3	3
Download, Мбит/с		35,1	35,9	18,2	21,9	36,2	17,9	23,3	31,6	37,3	34,1	32,8	36,6
Upload, Мбит/с		46,9	48,0	16,8	40,8	48,0	32,5	30,1	44,4	46,9	47,4	48,5	48,6

В условиях помещения с железобетонными стенами «хорошее» качество беспроводной связи WiFi сохраняется в радиусе около 5 м от модема. На указанном расстоянии оно обеспечивается на частоте 2,4 ГГц. При частоте 5 ГГц «хорошее» качество беспроводной связи WiFi обеспечивается в радиусе не более 3,5 м от модема.

Список используемых источников

1. Краткое руководство пользователя FTTB EXPERT Innbox E70. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.onlime.ru/docs/equipment/Iskratel%20Innbox%20E70.pdf> (дата обращения: 12.01.2024).

2. Пролетарский А.В., Баскаков И.В., Чирков Д.Н., Федотов Р.А., Бобков А.В., Платонов В.А. Беспроводные сети Wi-Fi. Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2013. 216 с.

ЦИФРОВОЙ СТОРИТЕЛЛИНГ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА ИНЖЕНЕРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

*Соболева Е.В. – к.п.н., доцент кафедры цифровых технологий в образовании,
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»*

*Щедрина Е.В. – к.п.н., доцент кафедры систем автоматизированного
проектирования и инженерных расчетов, ФГБОУ ВО «Российский
государственный аграрный университет–МСХА имени К.А. Тимирязева»*

Аннотация

Авторами исследуется проблема обоснования эффективности практики разработки цифровых историй для развития навыков, составляющих основу эмоционального интеллекта личности. Цель исследования – изучить возможности цифрового сторителлинга для развития эмоционального интеллекта инженеров нового поколения. Описана система работы по созданию цифровых историй на примере материалов курсов по направлению подготовки 23.03.01 – «Технология транспортных процессов».

Интерес научного сообщества к развитию эмоционального интеллекта инженера нового поколения повышается с учётом следующих факторов:

1. Эмоциональный интеллект определён ЮНЕСКО в качестве одного из навыков, определяющих успешность человека в мире будущего [4]. В этой связи, рынок труда претерпевает изменения, связанные с ростом требований к квалификации, профессиональным и личностным качествам работников электроэнергетики и транспорта. На Всемирном экономическом форуме 2020, в рамках доклада о будущем рабочих мест, был сформирован список «Топ 10 навыков» [5]. Среди них выделены и те умения, которые относятся к эмоциональному интеллекту: оценка и принятие решения; управление собой и своими эмоциями; способность договариваться, кооперироваться с другими людьми для социального взаимодействия.

2. Е.В. Соболева, Н.Л. Караваев определяют, что потребность изучать и использовать возможности средств ИКТ для повышения общекультурного и

профессионального уровня, способствует самореализации человека в условиях Индустрии 4.0 [3]. Согласно их выводам, новому поколению инженеров в условиях цифровой трансформации необходимо разбираться не только в технической сфере, но и уметь коммуницировать с людьми электроэнергетики и транспорта.

3. Международные образовательные программы, ориентированные на развитие транснационального сотрудничества между университетами, подчинены, в том числе, и решению следующей стратегической задачи: поддержка формирования у молодых людей, обучающихся на протяжении всей жизни, таких навыков и компетенций, которые будут необходимы им для решения профессиональных проблем.

Особую значимость в этой связи приобретают навыки, составляющие основу эмоционального интеллекта. Более того, для поколения визуалов ценной является информационно-компьютерная компетенция специалиста [1]. Однако, «медиаграмотность» также необходимо формировать, как и любую другую компетенцию будущего инженера, способного создавать новый продукт в электронной среде.

Итак, развитие компонентов эмоционального интеллекта помогает не только достигать целей, которые стоят перед высококвалифицированными специалистами нового поколения. Но и повысить результативность их трудовой деятельности. Несомненно, внедрение в обучение элементов мультимедийных технологий потребует и дополнительной подготовки действующих преподавателей и студентов области.

Khoutyz представляет исследование, в котором обосновывает, что эффективным методом обучения является обучение на основе историй, через истории или «сторителлинг» [2].

Цель работы – исследование возможностей использования цифровых историй в подготовке инженеров нового поколения для развития их эмоционального интеллекта.

К исследованию привлечено 68 бакалавров по направлению подготовки 23.03.01 – «Технология транспортных процессов». Направленность: «Цифровые транспортно-логистические системы автомобильного транспорта». Работа осуществлялась при изучении материалов дисциплин «Информатика», «Вычислительная техника и сети в отрасли», «Информационные технологии на транспорте».

В представленном исследовании сторителлинг рассматривается как технология воздействия на людей с разными целями через тексты, облеченные в форму увлекательных историй. Если раньше сторителлинг использовался преимущественно для обучения детей младшего возраста, то сейчас этот метод применяется как универсальный. Распространение сторителлинга в цифровом обществе (обществе экранной культуры) обуславливается следующими факторами:

1. Уход от так называемых «больших повествований» (идеологии, учения, трактаты и т.п.) и переход к «малым нарративам», небольшим, частным историям, которые вызывают у читателя больше доверия;

2. Возврат к синкретизму и дорациональности, чему способствует увеличение количества новых каналов коммуникации. Такие каналы способствуют тому, что потребитель информации погружается в среду дописьменной эпохи за исключением весомого арсенала возможностей потребления информации.

Развитый эмоциональный интеллект – важная профессионально-личностная способность инженеров нового поколения. Эмоциональный интеллект рассматривается авторами как необходимая составляющая будущей профессиональной деятельности – способность специалиста обрабатывать эмоциональную информацию и использовать ее в электроэнергетике и на транспорте.

Аналитический метод применяется и при выборе цифровых технологий для создания и применения мультимедийных историй в профессиональной деятельности будущих специалистов: Google Slides, Power Point, Prezi, Piktochart, AhaSlides и другие. Любую историю или рассказ можно качественно представить даже в простой презентации в Power Point. Главное – выбрать красивый и привлекающий внимание пользователя (зрителя, читателя) шаблон.

Выбор сюжетов для мультимедийных историй обоснован спецификой исследования. Опишем основные принципы мультимедийного сторителлинга, которых они придерживались:

1. История должна быть краткой и запоминающейся. Длинные истории с закрученным сюжетом с множеством внезапных поворотов повествования могут запутать даже в случае погружения в неё для развлечения. В процессе обучения к такому приближаться даже близко не стоит. Это может ввести слушателя в заблуждение, отбить желание вникать в суть происходящего.

2. Рассказывать историю нужно неформальным, доступным языком. Как бы не ценились сложные слова (их всевозможные производные) и словосочетания среди инженерно-технического сообщества, пользователей они могут только спугнуть.

3. Доверие к рассказчику. Это фундамент любого диалога. Без доверия нет должного осмысления истории, а также налаживания прочных связей между представляемыми рассказчиком фактами и их достоверностью.

4. Рассказ без нравоучений. У пользователей они могут побудить протест, который перекроет весь возможный положительный вклад от сторителлинга.

5. Сюжет не должен быть скучным. История должна захватывать воображение и держать в тонусе.

6. Важно «поставить точку». История должна обладать завершённостью. Нельзя допустить, чтобы история после своего завершения вызывала вопросы, вроде: «Что это было? О чём вообще шла речь? Что автор имел ввиду? А что же дальше?».

Далее осуществлялась непосредственно разработка мультимедийной истории. Например, «Как я стал капитаном Московского бассейна внутренних водных путей», «Династия Епишовых-Никифоровых» и др. Например, «Герой (героиня) возвращается домой со школы в одиночестве, когда видит робота, просто стоящего посреди улицы. Сначала он (она) пугается. Потом происходят «Знакомство», «Прогулка по городу», «Встреча с семьёй», «Чтение технической документации», «Регистрация на интерактивный фестиваль роботов», «До скорой встречи!».

Вот вариант одного из развития сюжета в блоке «Знакомство» «Я подошёл к нему и сказал: «Привет». Он повернул голову ко мне и ответил: «Привет, человек». Я был шокирован. Я никогда ранее не разговаривал с роботом. Мы немного пообщались, и я узнал, что его зовут R0b0t. Я поинтересовался, почему он стоит на улице, и он ответил, что ждёт своего друга-человека. Я сказал, что у меня нет друзей-роботов, но я мог бы стать его другом. R0b0t ответил, что хотел бы этого. С тех пор мы с R0b0t стали лучшими друзьями. Я больше не боюсь искусственного интеллекта – робот может быть таким же хорошим другом, как и все остальные».

Были определены трудности, осложняющие применение мультимедийных историй в коммуникации специалистов по электроэнергетике и электротехнике,

транспортных технологий: низкий исходный уровень цифровых навыков; разная мотивация; опыт работы и т. д.

Выявлено, что для успешной интеграции в профессиональную деятельность молодым специалистам необходим большой объём хореографической практической подготовки, возможность оттачивать профессиональные навыки в транспортных организациях, совместная работа с наставниками.

Полученные результаты могут быть использованы и в других сетевых учебных курсах, в деятельности Центра довузовской подготовки. Они могут стать основой работы цифровой кафедры Тимирязевской академии, занимающейся разработкой программ с учетом последних тенденций в IT-сфере и совместно с ведущими экспертами отрасли.

Список используемых источников

1. Kallou, S., Kalogiannakis, M., Zacharis, N., Kikilia, A. Emotional intelligence development: the implementation of transformative learning through digital technologies in tourism – a study protocol // International Journal of Technology Enhanced Learning. 2023. vol. 15. pp. 180. DOI: 10.1504/IJTEL.2023.10054332.
2. Khoutyz, I. Storytelling in English and Russian-language lecture discourse // Moderna Språk. 2020. vol. 114 (2). pp. 73–90. DOI: 10.58221/MOSP.V114I2.7399.
3. Soboleva, E.V., Karavaev N.L. Preparing Engineers of the Future: The Development of Environmental Thinking as a Universal Competency in Teaching Robotics // European Journal of Contemporary Education. 2020. vol. 9. no 1. p. 160-176. DOI 10.13187/ejced.2020.1.160.
4. UNESCO's Action in Education –2030. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.unesco.org/en/education/action> (дата обращения: 07.12.2023).
5. World-Economic-Forum-Annual-Meeting–2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.weforum.org/events/world-economic-forum-annual-meeting-2020> (дата обращения: 01.09.2023).

БАЛАНСИРОВКА НАГРУЗОК РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ КАК ЗАДАЧА ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Яр-Мухамедов И.Г. – доцент, старший научный сотрудник Институт машиноведения и автоматики Национальной академии наук Кыргызской Республики (ИМА НАН КР)

Аннотация

В статье рассматривается линейное представление задачи балансировки нагрузок трехфазных распределительных электросетей низкого напряжения. Постановка задачи ориентирована на использование данных автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии и направлена на расширение функций и дальнейшее развитие систем автоматизации управления распределительными электросетями.

Наиболее слабым звеном в системе электроснабжения, с точки зрения эффективности, являются распределительные электрические сети (РЭС) низкого напряжения, доставляющие энергию конечным потребителям [1]. Одной из задач, решаемых предприятиями электросетей, является обеспечение симметрии нагрузок фазных линий [2]. Существующие методы решения этой задачи являются преимущественно эвристическими [2, 3, 4], так как нелинейности в моделях затрудняют использование методов решения задач большой размерности и, в частности, методов линейного программирования.

В данной работе предлагается линейная модель распределительной электросети, использующая целочисленные (логические) переменные для целей обеспечения симметричности фазных нагрузок. Критерием оптимальности являются затраты или потери, обуславливаемые коммутацией нагрузок РЭС. В качестве метода решения задачи может использоваться любой из подходящих методов целочисленного линейного программирования (ЦЛП) [5].

Целевая функция представляет собой сумму затрат или потерь в разрезе всех возможных подключений:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 C_i^j X_i^j \rightarrow \min,$$

где: n – количество абонентов; i – индекс абонента; j – индекс фазы; C – издержки или потери; X – целочисленная переменная, принимающая значение 0 (отключено) или 1 (i -тый абонент подключен к фазной линии j).

Ограничения, определяющие конфигурацию подключений абонентов в РЭС, описываются системой уравнений:

$$\sum_{j=1}^3 X_i^j = 1, \quad i = \overline{1, n}.$$

Смысл этих ограничений в том, что каждый из абонентов может быть подключен только к одной из фазных линий.

Токи фазных линий формируются из токов, потребляемых абонентами, и описываются системой соотношений:

$$Y^j = \sum_{i=1}^n I_i X_i^j, \quad j = \overline{1, 3},$$

где: Y – ток соответствующей фазной линии; I – ток, потребляемый абонентом с заданным значением индекса. Искомые значения логических переменных связывают токи абонентов с токами фазных линий, к которым они подключены.

Условия баланса фазных токов, определяемые максимально допустимыми (нормативными) дисбалансами, могут быть представлены в виде совокупности неравенств:

$$|Y^j - Y^k| \leq d, \quad j = \overline{1, 2}, \quad k = \overline{j+1, 3}.$$

Здесь d – предельный нормативный дисбаланс токов между фазными линиями РЭС. Для пакетов оптимизации данные неравенства преобразуются к виду двусторонних ограничений:

$$-d \leq Y^j - Y^k \leq d, \quad j = \overline{1, 2}, \quad k = \overline{j+1, 3}.$$

Система параметрических ограничений включает в свой состав ограничения двух видов:

$$X_i^j \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, 3};$$

$$Y^j \geq 0, \quad j = \overline{1, 3}.$$

Первая группа задает область определения логических переменных, описывающих текущую конфигурацию сети. Вторая – область определения вещественных значений токов в фазных линиях.

В предложенной формулировке задача может быть решена с использованием существующих методо-ориентированных программных средств.

Определенная вариабельность задачи [6]. может обеспечиваться регулированием области определения с помощью значений допустимых

критических дисбалансов, а также выбором коэффициентов, определяющих затраты или потери в составе целевой функции.

Практическое использование методов оптимизации в функциональных подсистемах автоматизированных систем управления требует ответов на некоторые вопросы и принятия определенных технических решений, учитывающих как особенности моделируемого объекта, так и целей и возможностей субъекта или организации, осуществляющей нововведения. Рассмотрим некоторые из подобных вопросов.

Наличие потребителей с фиксированным трехфазным подключением может быть отражено как на уровне переменных модели, так и в составе верхних и нижних границ в ограничениях на токи фазных линий. В первом случае возрастает размерность задачи вследствие увеличения количества переменных, во-втором – вычисления выносятся на предварительную стадию подготовки информации в виде простых инженерных расчетов (задачи прямого счета), что освобождает программу оптимизации от повторяющихся рутинных операций.

Невозможность или сложность переключения абонента, как и в случае с трехфазным подключением, может быть учтена в ограничениях, либо, при необходимости, отражена в соответствующих повышенных затратах в составе целевой функции. Последнее, естественно, не приводит к уменьшению количества переменных в оптимизационной модели.

Упрощенный вариант задачи может быть сформирован путем учета только тех абонентов, у которых уже имеется требуемое коммутационное оборудование. Информация об остальных может быть учтена в расчетах, предшествующих этапу оптимизации и/или следующих непосредственно за ним.

Модель может описывать как распределительную сеть в целом, так и ее отдельные фрагменты. Это позволяет использовать ее для моделирования сетей произвольной конфигурации и размера.

Проверка модели осуществлялась средствами математического вычислительного пакета GNU Octave [7, 8]. Использовалась команда (функция) `glpk()`.

Достоинство применения модели целочисленного линейного программирования для балансировки фазных нагрузок заключается в том, что полученное решение соответствует глобальному оптимуму целевой функции и укладывается в требуемые нормативы.

Список используемых источников

1. Jason Lachniet. Introduction to GNU Octave. Wytheville Community College, 2020. URL: <https://www.wcc.vccs.edu/sites/default/files/Introduction-to-GNU-Octave.pdf>. (дата обращения: 11.01.2024).
2. Octave Programming. URL: <https://bagustris.github.io/octave-tutorial/> (дата обращения: 11.01.2024).
3. Воротницкий В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях: анализ и опыт снижения. М.: НТФ «Энергопрогресс», 2008. 104 с.
4. Железко Ю.С., Артемьев А.В., Савченко О.В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов. М.: Изд-во НЦЭНАС, 2004. 280 с.
5. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. М.: Наука, 1969. 368 с.
6. Оморов Т.Т. Симметрирование распределенной электрической сети методом цифрового регулирования // Мехатроника, автоматизация, управление. 2018. Том 19, №3. С. 194-200.
7. Умнов Е.А., Умнов А.Е. Параметрические задачи в математическом программировании: учебное пособие / М.: МФТИ, 2023. 341 с.
8. Яр-Мухамедов И.Г. Оперативное управление балансом фаз распределительной сети 0,4 кВ // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов VIII Международной научной конференции, посвященной памяти А.Л. Иозефера, Омск, 20 ноября 2020 года. Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2020. С. 87-89.

**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И НА ТРАНСПОРТЕ: ЗАДАЧИ,
ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ**

**СБОРНИК ТРУДОВ VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ
(НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ НАУЧНЫХ, НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
РАБОТНИКОВ, АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ**