



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№5(45)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МОСКВА, 2021



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам XLV международной
научно-практической конференции*

№ 5 (45)
Июнь 2021 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2021

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

Данилов Олег Сергеевич – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

Маршалов Олег Викторович – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), Россия, г. Златоуст.

Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам XLV междунар. науч.-практ. конф. – № 5 (45). – М.: Изд. «МЦНО», 2021. – 46 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2021

Оглавление

Раздел 1. Технические науки	4
1.1. Информатика, вычислительная техника и управление	4
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ТИПА ADALINE В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Назаров Евгений Владимирович	4
1.2. Радиотехника и связь	21
ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ РАДИОЛИНИИ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА Сенин Олег Геннадьевич	21
1.3. Строительство и архитектура	26
УНИКАЛЬНОСТЬ СВОЙСТВ ЖИДКОЙ КЕРАМИЧЕСКОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ Анашкина Ирина Станиславовна Токарева Дарья Геннадьевна Полянская Ирина Леонидовна	26
СРАВНЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ФЕРМ ПРИ ПЛОСКОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЕ Токарева Дарья Геннадьевна Анашкина Ирина Станиславовна Ефимов Александр Алексеевич	31
1.4. Транспортное, горное и строительное машиностроение	41
ПЕРЕВОД РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА НА ПЕРЕКАЧКУ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ Неволин Артём Разильевич	41

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ТИПА ADALINE В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Назаров Евгений Владимирович

*старший преподаватель,
БУ ВО ХМАО – Югры Сургутский
государственный университет,
РФ, г. Сургут*

APPLICATION OF ADALINE-TYPE NEURAL NETWORKS AS A MATHEMATICAL MODELING TOOL

Nazarov Yevgeniy

*senior lecturer,
Surgut State University,
Russia, Surgut*

Аннотация. В статье рассматриваются особенности алгоритма создания нейронной сети типа Adaline для её применения в качестве математической модели треморограмм кистей рук. Ключевое значение для выполнения одного из этапов упомянутого алгоритма имеют такие параметры, как скорость обучения нейронной сети рассматриваемого типа для указанной задачи и количество значений входного сигнала,

используемых для определения целевого значения. Для нахождения наилучших значений упомянутых параметров были разработаны соответствующие функции, описание которых также представлено в данной статье.

Abstract. The article discusses the specifics of the algorithm for creating a neural network of the Adaline type for its application as a mathematical model of tremorograms of a hands. Parameters such as a learning rate of a neural network of the type under consideration for the specified task and a number of input signal values used to determine a target value are of key importance for performing one of the stages of the mentioned algorithm. To find the best values of these parameters, the corresponding functions were developed, the description of which is also presented in this article.

Ключевые слова: adaline; адаптивный линейный нейрон; нейронная сеть; математическая модель; аппроксимация.

Keywords: adaptive linear neuron; neural network; mathematical model; approximation.

Введение

Математические модели в соответствии с [2, с.39 – 40] «представляют собой формализованные описания объекта или системы с помощью некоторого абстрактного языка, например, в виде совокупности математических соотношений или схемы алгоритма. Различают следующие виды математического моделирования: вербальное (словесное), графические, табличные, аналитические и алгоритмические. Нередко математические модели оказываются пригодными для описания множества систем и явлений в самых различных областях науки, техники и экономики». Одним из подходов к представлению модели течения какого-либо процесса с возможностью прогнозирования его хода является использование нейронной сети. Кроме того, согласно [4, с. 43 – 44] «выполняемые сетью функции можно распределить на несколько основных групп: аппроксимации и интерполяции; распознавания и классификации образов; сжатия данных; прогнозирования; идентификации; управления; ассоциации. В каждом из названных приложений нейронная сеть играет роль универсального аппроксиматора функции от нескольких переменных, реализуя нелинейную функцию $y = f(x)$, где x – это входной вектор, y – реализация векторной функции нескольких переменных».

Исходные данные

Одним из примеров функций, описанных выше, является треморограмма кистей рук, которая представляет собой числовой вектор-столбец из 500 чисел с плавающей точкой, каждое из которых принимает значение в пределах от -2 до 2. В качестве исходных данных для построения моделей использовались наборы треморограмм кистей рук, полученные при различных уровнях нагрузки: отсутствие, постоянная, периодическая. Все наборы состоят из множества файлов, содержащих по 15 треморограмм каждый. Фрагмент описанных исходных данных представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Фрагмент исходных данных

№ п/п	Выборка №							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,082153	1,017151	0,87677	0,953369	0,992126	1,032104	0,935974	1,005859
2	1,080933	1,020203	0,880432	0,948181	0,98938	1,029358	0,941162	1,006775
3	1,078796	1,018677	0,885925	0,94635	0,986023	1,029358	0,947571	1,00708
4	1,078186	1,018066	0,892944	0,944519	0,984192	1,029663	0,95459	1,007996
5	1,078796	1,017456	0,899963	0,941162	0,982056	1,027527	0,960999	1,010437
6	1,081848	1,019287	0,906677	0,93689	0,977478	1,02356	0,965271	1,012268
7	1,084595	1,021118	0,911255	0,930786	0,971375	1,017761	0,968628	1,013489
8	1,08551	1,022644	0,916443	0,925598	0,96344	1,011353	0,970764	1,015625
9	1,084595	1,02417	0,919495	0,921326	0,95459	1,004639	0,971375	1,018066
...
495	1,04187	0,936584	0,865479	0,930481	0,927124	0,973206	0,966797	0,914917
496	1,042786	0,937805	0,863647	0,932007	0,925903	0,966797	0,970154	0,913086
497	1,044617	0,939331	0,862732	0,931396	0,924377	0,960693	0,97229	0,91095
498	1,045837	0,939331	0,862732	0,930176	0,922546	0,956421	0,975647	0,909729
499	1,048584	0,937195	0,863953	0,92804	0,923462	0,955505	0,978699	0,909729
500	1,05011	0,933533	0,863647	0,924988	0,925598	0,956726	0,98175	0,910645

В качестве нейронной сети, которая могла бы наилучшим образом справиться с задачей аппроксимации рассматриваемых исходных данных и, соответственно, получения их математической модели, была выбрана нейронная сеть, образованная адаптивными линейными нейронами (сеть типа ADALINE). Основными факторами, определившими выбор в пользу упомянутой сети, были следующие:

- возможность обучения с учителем;
- минимизация отклонения выходного сигнала сети от целевого заложена в процессе обучения сети;
- достаточно простая архитектура по сравнению с другими сетями, которые могут быть использованы для решения подобных задач.

Структурная схема и варианты уравнений для расчета весовых коэффициентов адаптивного линейного нейрона представлены в работе [3, с. 32 – 34].

Алгоритм создания нейронной сети ADALINE

Для создания нейронной сети, описывающей треморограмму, использовалась библиотека Neural Network Toolbox системы MATLAB. Согласно [1] для создания сети типа ADALINE необходимо выполнить следующую цепочку действий:

- Задать исходные и целевые данные;
- Подготовить данные для нейронной сети;
- Определить нейронную сеть типа ADALINE;
- Обучить созданную сеть работе с подготовленными данными.

Задание исходных и целевых данных

Поскольку создаваемая нейронная сеть по итогу должна была представлять собой математическое описание треморограмм, то в качестве исходных и целевых данных был взят один и тот же массив значений.

Подготовка данных для нейронной сети

Так как значения исходных данных были записаны в файле в виде вектор-столбца, а алгоритм обучения сети требует последовательной «подачи» данных на входы нейронной сети, то в рамках данного этапа выполнялось преобразование считанного массива значений из вектор-столбца в вектор-строку.

Создание нейронной сети типа ADALINE

Создание нейронной сети выполнялось в 2 этапа:

- задание скорости обучения и количества значений входного сигнала, используемых для определения целевого значения. Для определения оптимальных значений указанных параметров были разработаны функции и проведены серии экспериментов, результаты которых отражены в последующих пунктах данной работы;
- вызов функции, создающей сеть с заданной структурой на основании параметров из предыдущего пункта.

Обучение нейронной сети

Обучение сети согласно [1] производится следующим образом. На каждом шаге обучения на вход нейронной сети подается один элемент последовательности входных значений. При этом происходит обновление весовых коэффициентов каждого входа и отклонения суммирующей функции. В результате обновление указанных коэффициентов происходит столько раз, сколько точек данных подается на вход нейронной сети.

Функция аппроксимации исходных данных

Для реализации алгоритма создания нейронной сети ADALINE, описанного в предыдущем пункте, была разработана функция, в результате работы которой формируется нейронная сеть, наилучшим образом аппроксимирующая заданный сигнал. Данная функция включает в себя выполнение действий по считыванию исходных данных, вычислению оптимальной скорости обучения, определению количества значений входного сигнала, используемых для определения целевого значения, созданию сети. Для более полной оценки качества аппроксимации нейронной сетью исходного набора значений, в рассматриваемую функцию дополнительно была включена реализация следующих действий:

- сохранение весовых коэффициентов и величины рассогласования выходного сигнала сети с исходными данными в массив для обработки.
- вычисление некоторых общих статистических показателей рассогласования фактического значения с целевым: минимальное и максимальное значение, среднее значение, стандартное отклонение, мода.
- при необходимости выполняется построение следующих графиков:
 - i. исходного и предсказанного сигнала на одной плоскости. Пример представлен на рисунке 1.
 - ii. рассогласования исходного и предсказанного сигналов. Пример представлен на рисунке 2.
 - iii. изменения скорости обучения сети для массивов данных, входящих в серию измерений. Пример представлен на рисунке 3.
 - iv. изменения весовых коэффициентов. Пример представлен на рисунке 4.
 - v. изменения коэффициента отклонения суммирующей функции. Пример представлен на рисунке 5.
- запись значения скорости обучения, весовых коэффициентов, коэффициента отклонения суммирующей функции в текстовые файлы.

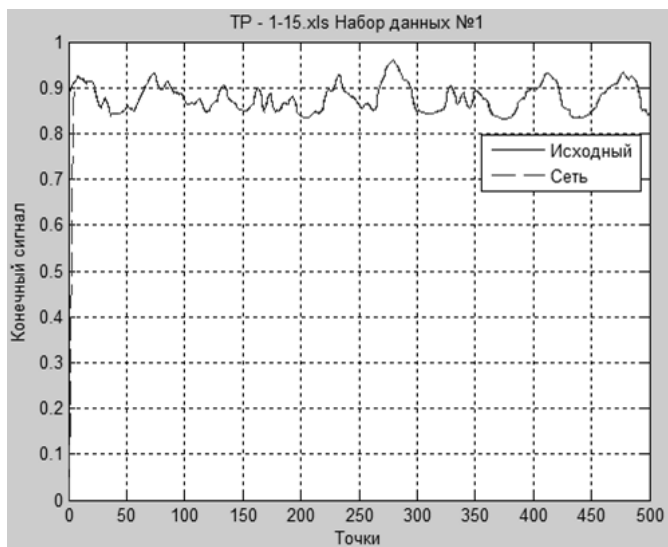


Рисунок 1. График исходного и предсказанного сигнала

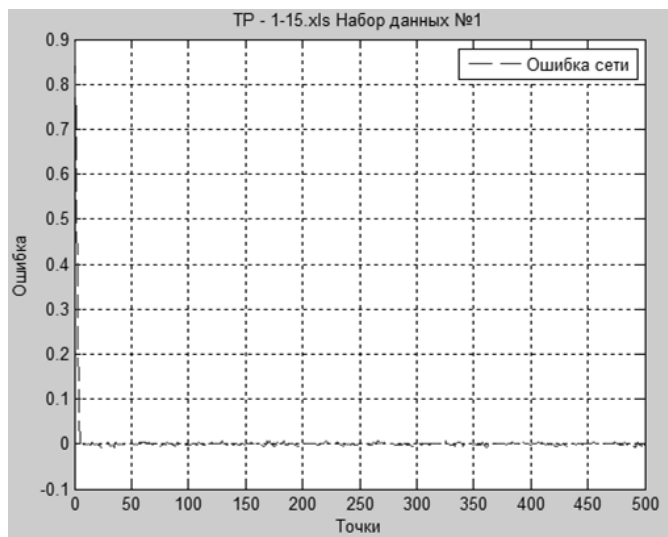


Рисунок 2. График разницы исходного и предсказанного сигналов

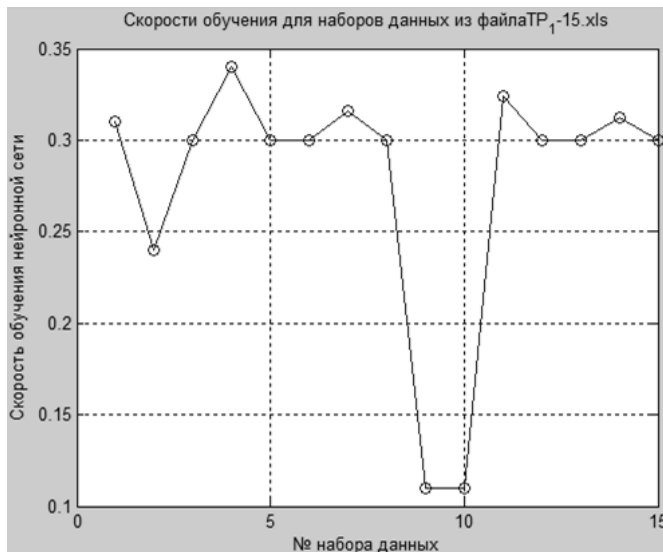


Рисунок 3. График изменения скорости обучения сети для массивов данных

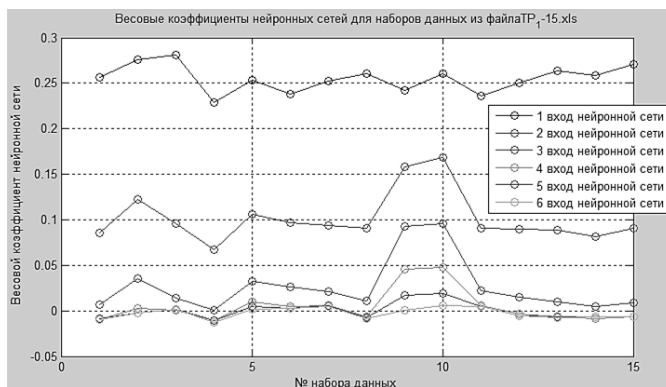


Рисунок 4. График изменения весовых коэффициентов

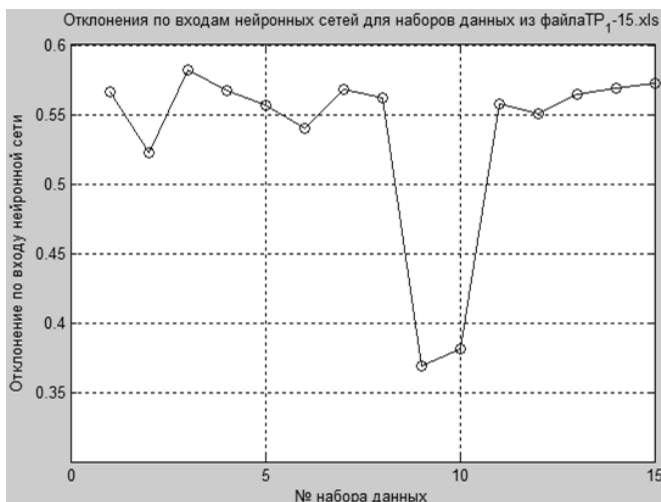


Рисунок 5. График изменения коэффициента отклонения суммирующей функции

Определение оптимальной скорости обучения нейронной сети

Очевидно, что скорость обучения нейронной сети является одним из главных факторов, оказывающих влияние на то, какое количество циклов обучения ей потребуется, чтобы свести ошибку в выходном сигнале к минимуму. Кроме того, параметр скорости обучения влияет и на точность работы сети. Например, если для него задано слишком большое значение, то это приведет к плохому качеству обучения и значительным ошибкам на выходе. Поскольку заранее неизвестно с каким набором данных предстоит работать сети, то целесообразно определять скорость динамически, т.е. в зависимости от содержания массива. Для этого перед созданием сети, непосредственно моделирующей требуемый сигнал, достаточно предварительно определить такое значение скорости обучения, при котором сеть будет обучаться максимально быстро и с минимальным ущербом для точности результата.

Вычисление коэффициента скорости обучения нейронной сети выполнялось в несколько этапов с помощью разработанной для этого функции. Здесь следует отметить, что количество этапов может быть как расширено с целью дальнейшего увеличения точности определяемого показателя, так и, наоборот, уменьшено. Суть выполняемых действий

на каждом из этапов одинакова, а изменения претерпевают лишь пределы, в которых производятся вычисления:

- 1 этап: 0.001 – 0.6. Шаг перемещения по диапазону составляет 0.1.

- 2 этап: в зависимости от результатов предыдущего этапа. Например, если для коэффициента было установлено значение 0.4, то поиск выполняется в пределах 0.4 – 0.5. Шаг перемещения по диапазону составляет 0.01.

- 3 этап: в зависимости от результатов предыдущего этапа. Например, если для коэффициента было установлено значение 0.43, то поиск выполняется в пределах 0.430 – 0.440. Шаг перемещения по диапазону составляет 0.001.

Подобное вычисление скорости обучения выполнялось отдельно для каждого из наборов данных. При этом все коэффициенты для удобства дальнейшей работы сохранялись в одном массиве под соответствующими порядковыми номерами. Максимальное значение скорости обучения (0.6), обозначенное в первом этапе вычисления скорости, было установлено в ходе серии предварительных экспериментов, выходящих за рамки данной работы.

Сама же функция вычисления коэффициента скорости обучения нейронной сети в качестве входных значений получала следующий набор параметров: количество значений входного сигнала, используемых для определения целевого значения, целевой вектор (массив данных для обучения сети), левый предел диапазона для поиска коэффициента, шаг перемещения по диапазону, правый предел диапазона для поиска коэффициента. Алгоритм работы рассматриваемой функции был организован следующим образом. Сначала осуществлялось циклическое выполнение блока действий:

- Создание нейронной сети с заданным числом значений входного сигнала, используемых для определения целевого значения, и скоростью обучения.

- Преобразование целевого вектора для обучения работе с ним нейронной сети.

- Обучение нейронной сети работе с заданным целевым вектором и получение результатов обучения.

- Преобразование векторов, содержащих результат (сигнал, сформированный сетью, и расхождение его с оригиналом) к виду удобному для анализа.

- Определение моды в векторе ошибок и сохранение её для анализа.

Количество повторений перечня действий, описанного выше, определялось пределами диапазона для поиска коэффициента скорости обучения и шагом перемещения по диапазону.

Далее в функции определялось то значение скорости обучения сети, при котором мода вектора ошибок принимала величину, минимальную по модулю, что, в свою очередь, свидетельствует о наиболее точных результатах работы сети. Полученный таким образом коэффициент скорости обучения и возвращался как результат работы рассмотренной функции.

Определение оптимального количества значений входного сигнала, используемых для определения целевого значения

Для того чтобы установить оптимальное количество входных значений, требуемое для точного определения целевого сигнала нейронной сети, была проведена серия соответствующих экспериментов. В ходе экспериментов осуществлялась оценка зависимости величины рассогласования сигнала, формируемого сетью и исходного, от количества идущих подряд входных значений, используемых для предсказания целевого.

Исследование выполнялось на примере первых трех массивов данных из одного файла одного набора измерений. Большее количество массивов данных использовать для эксперимента было нецелесообразно в силу, возникающего в этом случае, избыточного количества графической информации. Кроме того, избыточное количество массивов данных не окажет существенного влияния на точность результатов, т.к. каждая сеть настраивается для работы с конкретным массивом данных индивидуально.

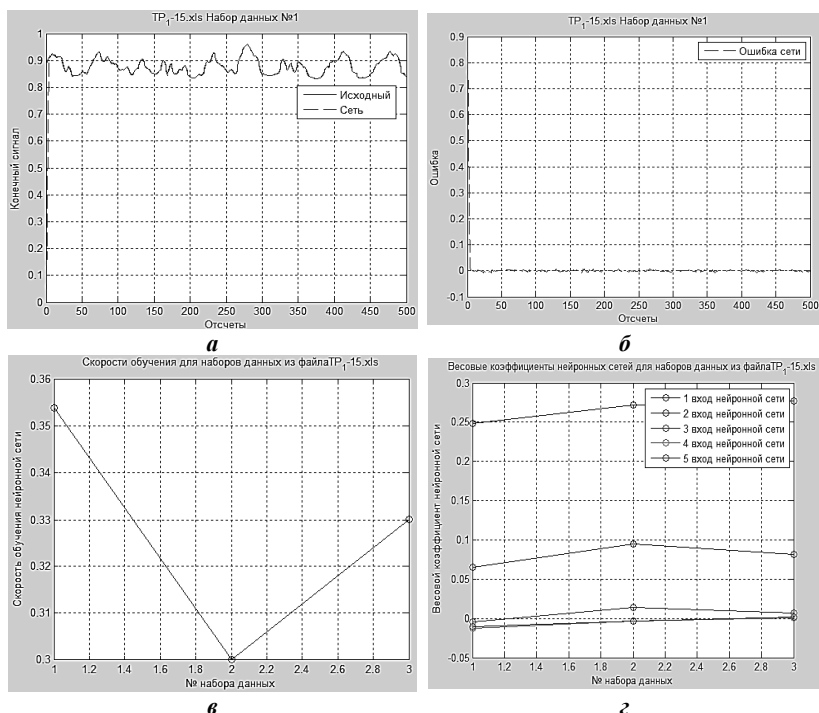
Для выявления зависимости точности работы сети от количества используемых значений входного сигнала посредством соответствующей функции выполнялась следующая последовательность действий:

- создание нейронных сетей с постепенным увеличением количества значений входного сигнала, используемых для предсказания целевого;
- обучение каждой из сетей на одних и тех же массивах данных;
- моделирование работы созданных сетей с этими данными;
- выявления того значения количества входных значений, при котором мода вектора ошибок принимала величину, минимальную по модулю.

Здесь необходимо дополнительно пояснить, что от эксперимента к эксперименту количество входных значений, используемых для предсказания целевого увеличивалось на 1. Максимальное величина

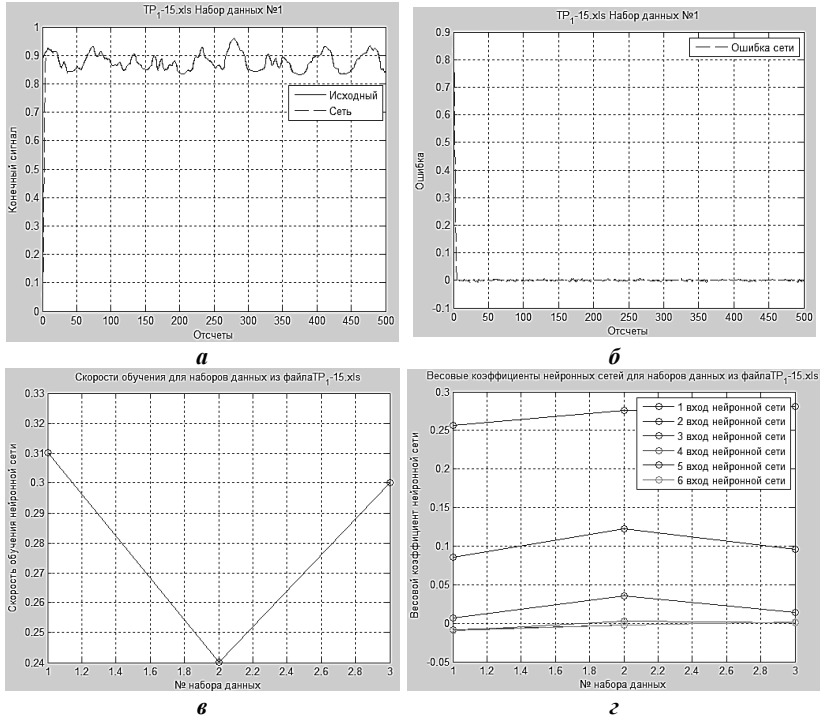
для данного показателя первоначально была взята равной 10. В дальнейшем предполагалось увеличить значение данного параметра, но как показали результаты анализа настройки и работы нейронных сетей, этого значения оказалось достаточно.

При сравнительном анализе графического представления результатов работы сети, часть из которых представлена ниже на рисунках 6, 7 и 8, существенных ошибок в работе сети при увеличении исследуемого параметра не наблюдалось. Вместе с тем с увеличением количества значений входного сигнала, используемых для предсказания целевого, происходит смещение точки начала аппроксимации сетью обрабатываемого набора данных.



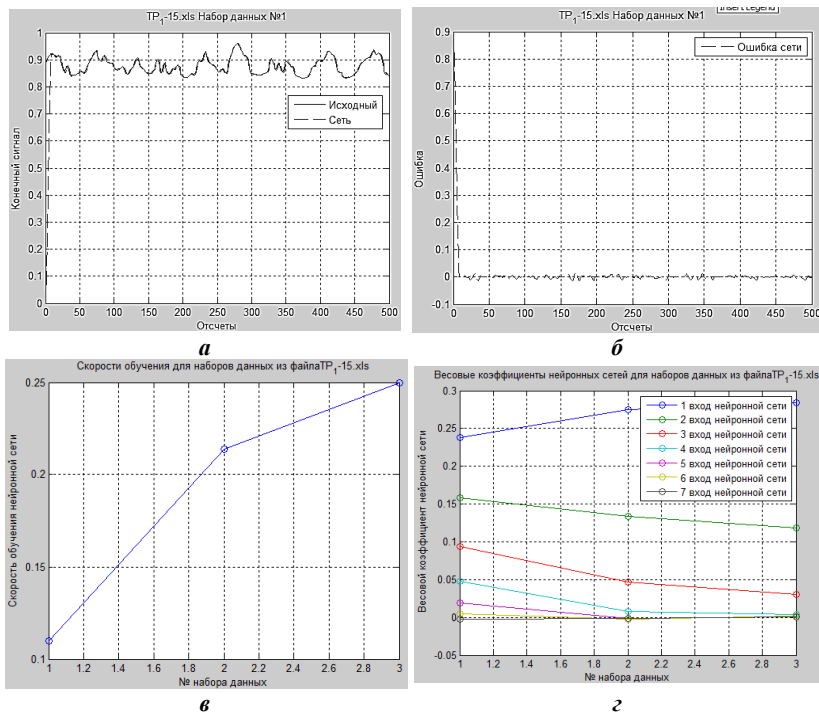
**Рисунок 6. Результаты и характеристики работы сети
(для 5 значений):**

а – исходный и сформированный сигналы, б – отклонение сформированного сигнала от исходного, в – скорость обучения сети (для 3 массивов данных), г – весовые коэффициенты (для 3 массивов данных)



**Рисунок 7. Результаты и характеристики работы сети
(для 6 значений):**

а – исходный и сформированный сигналы, **б** – отклонение сформированного сигнала от исходного, **в** – скорость обучения сети (для 3 массивов данных), **г** – весовые коэффициенты (для 3 массивов данных)



**Рисунок 8. Результаты и характеристики работы сети
(для 7 значений):**

а – исходный и сформированный сигналы, б – отклонение сформированного сигнала от исходного, в – скорость обучения сети (для 3 массивов данных), г – весовые коэффициенты (для 3 массивов данных)

Для каждого набора данных на протяжении большинства экспериментов с ростом количества значений исходного сигнала, используемых для определения целевого значения нейронной сетью, наблюдается снижение оптимальной скорости обучения сети, т.е. скорости с которой сети обучается быстрее всего и с минимальным значением величины ошибки. Скорость обучения и статистические показатели отклонения сигнала сети от целевого по рассматриваемым экспериментам приведены в таблицах 2, 3 и 4, а средние значения показателей – в таблице 5. Максимальные и минимальные значения параметров выделены жирным и подчеркнутым текстом, соответственно.

Таблица 2.

**Скорость обучения и статистические показатели отклонения
сигнала сети от целевого для массива данных №1**

Параметр	Количество значений исходного сигнала для определения целевого значения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мода	-0,0124	-0,0098	-0,0084	-0,008	-0,0078	-0,0078	-0,0149	-0,0075	-0,0075	-0,0075
Размах	0,90411	0,90149	0,90009	0,89973	0,89950	0,89952	0,90661	0,89922	0,89926	0,89917
Минимальное значение	-0,0124	-0,0098	-0,0084	-0,008	-0,0078	-0,0078	-0,0149	-0,0075	-0,0075	-0,0075
Максимальное значение	0,89172	0,89172	0,89172	0,89172	0,89172	0,89172	0,89172	0,89172	0,89172	0,89172
Среднее значение	0,00240	0,00245	0,00265	0,00303	0,00337	0,00365	0,00664	0,00424	0,00448	0,00474
Стандартное отклонение	0,04331	0,04329	0,04432	0,04653	0,04849	0,05013	0,06595	0,05341	0,05476	0,05614
Скорость обучения сети	0,588	0,584	0,52	0,42	0,354	0,31	<u>0,11</u>	0,242	0,22	0,2

Таблица 3.

**Скорость обучения и статистические показатели отклонения
сигнала сети от целевого для массива данных №2**

Параметр	Количество значений исходного сигнала для определения целевого значения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мода	-0,0097	-0,0086	-0,0075	-0,0073	-0,0074	-0,0070	-0,0069	-0,007	-0,0094	-0,0088
Размах	0,92429	0,92326	0,92215	0,92187	0,92205	0,92157	0,92150	0,92161	0,92403	0,92339
Минимальное значение	-0,0097	-0,0086	-0,0075	-0,0073	-0,0074	-0,0070	-0,0069	-0,007	-0,0094	-0,0088
Максимальное значение	0,91461	0,91461	0,91461	0,91461	0,91461	0,91461	0,91461	0,91461	0,91461	0,91461
Среднее значение	0,00260	0,00316	0,00321	0,00365	0,00382	0,00435	0,00465	0,00483	0,00677	0,00676
Стандартное отклонение	0,04472	0,04793	0,04812	0,05067	0,05168	0,05468	0,05631	0,05730	0,06704	0,06703
Скорость обучения сети	0,565	0,411	0,403	0,325	0,3	0,24	0,214	0,2	<u>0,11</u>	<u>0,11</u>

Таблица 4.

**Скорость обучения и статистические показатели отклонения
сигнала сети от целевого для массива данных №3**

Параметр	Количество значений исходного сигнала для определения целевого значения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мода	-0,0106	-0,0097	-0,0082	-0,0073	-0,007	-0,0071	-0,0067	-0,0067	-0,0085	-0,0074
Размах	0,94930	0,94843	0,94691	0,94601	0,94571	0,94577	0,94546	0,94537	0,94723	0,94606
Минимальное значение	-0,0106	-0,0097	-0,0082	-0,0073	-0,007	-0,0071	-0,0067	-0,0067	-0,0085	-0,0074
Максимальное значение	0,93872	0,93872	0,93872	0,93872	0,93872	0,93872	0,93872	0,93872	0,93872	0,93872
Среднее значение	0,00275	0,00334	0,00341	0,00342	0,00368	0,00388	0,00431	0,00462	0,00682	0,00489
Стандартное отклонение	0,04622	0,04992	0,05001	0,05009	0,05163	0,05283	0,05524	0,05696	0,06805	0,05842
Скорость обучения сети	0,544	0,382	0,378	0,375	0,33	0,3	0,25	0,221	<u>0,11</u>	0,2

Таблица 5.

Средние значения скорости обучения и статистических показателей отклонения сформированного сигнала от исходного для данных из таблиц 2, 3, 4

Параметр	Набор данных		
	№1	№3	№3
Скорость обучения сети	0,3548	0,2878	0,309
Минимальное значение	-0,00915	-0,00796	-0,0079
Максимальное значение	0,89172	0,91461	0,9387
Среднее значение	0,00376	0,00438	0,00411
Стандартное отклонение	0,05063	0,05455	0,05394
Мода	-0,00915	-0,00796	-0,00791
Размах	0,90087	0,92257	0,94663

Проанализировав значения, представленные в таблицах 2 – 5, можно сделать следующие выводы о работе сетей в случае каждого из массивов данных:

1. Набор №1

- Стабильное увеличение минимального порогового значения ошибки происходит на протяжении первых 5 экспериментов. Аномальное снижение наблюдается в 7 эксперименте.

- Максимальное значение ошибки одинаково для всех экспериментов. Данное значение ошибки соответствует самому первому отсчету в наборе данных, что подтверждается соответствующими графиками.

- Среднее значение и стандартное отклонение значений ошибки в работе нейронной сети устойчиво увеличиваются от эксперимента к эксперименту, за исключением аномально резкого возрастания в 7 эксперименте.

2. Набор №2

- Стабильное увеличение минимального порогового значения ошибки происходит на протяжении первых 4 экспериментов.

- Максимальное значение ошибки одинаково для всех экспериментов. Данное значение ошибки соответствует самому первому отсчету в наборе данных, что подтверждается соответствующими графиками.

- Среднее значение и стандартное отклонение значений ошибки в работе нейронной сети устойчиво увеличиваются от эксперимента к эксперименту, за исключением аномально резкого возрастания в 9

эксперименте. В данной серии экспериментов сохраняется та же тенденция, что и для набора №1.

3. Набор №3

- Стабильное увеличение минимального порогового значения ошибки происходит на протяжении первых 5 экспериментов. Резкое снижение наблюдается в 9 эксперименте.

- Максимальное значение ошибки одинаково для всех экспериментов. Данное значение ошибки соответствует самому первому отсчету в наборе данных, что подтверждается соответствующими графиками.

- Среднее значение и стандартное отклонение значений ошибки в работе нейронной сети устойчиво увеличиваются от эксперимента к эксперименту, за исключением резкого возрастания в 9 эксперименте. В данной серии экспериментов сохраняется та же тенденция, что и в первых двух случаях.

В ходе проведения исследований были также определены средние значения параметров нейронной сети (скорость обучения и количество входных значений), допустимых при построении модели, описывающей тремор кистей рук. Вместе с тем их применение не гарантирует максимально точного соответствия модели исходным данным. Описанная ситуация возникает из-за того, что нейронная сеть для корректной работы в каждом конкретном случае требует, как правило, достаточно точной настройки по упомянутым параметрам и большого количества итераций обучения.

Заключение

Таким образом, обобщая результаты экспериментов, выполненных в рамках данной работы, для каждого из наборов данных, можно сделать вывод, что нейронная сеть типа Adaline позволяет получить математическую модель треморограмм высокой степени точности. Для работы с имеющимися наборами данных оптимальные значения таких ключевых параметров нейронной сети типа Adaline, как количество входных значений, используемых для предсказания целевого и скорость обучения сети в каждом конкретном случае оказались различны. По этой причине для обеспечения максимально возможной точности соответствия результата работы нейронной сети целевому вектору моделируемого сигнала упомянутые выше параметры следует подбирать индивидуально с помощью разработанных функций. В качестве опорного показателя при подборе следует использовать моду вектора ошибок сигнала сети. Соответственно, минимум указанного параметра будет являться критерием останова процесса подбора величин коэффициента

скорости и количества входных значений для предсказания целевого сигнала.

Список литературы:

1. Construct an ADALINE for adaptive prediction of time series based on past time series data [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://lab.fs.uni-lj.si/lasin/wp/IMIT_files/neural/nn03_adaline/.
2. Дьяконов В.П. Simulink: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 782 с.: ил.
3. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.: ил.
4. Мелихова О.А. Нейронные сети как составная часть систем искусственного интеллекта // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2015. – № 1(21). – С. 40-51.

1.2. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ РАДИОЛИНИИ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА

Сенин Олег Геннадьевич

*подполковник,
Адъютант Военной академии связи
им. С.М. Буденного,
РФ, г. Санкт-Петербург*

BASICS OF INCREASING THE IMMUNITY OF A RADIO CONTROL OF A UAV

Oleg Senin

*Lieutenant colonel
adjunct of the military Academy of communications,
Russia, Saint-Petersburg*

Аннотация. В статье рассмотрены основы повышения помехоустойчивости радиолинии управления БПЛА. В процессе исследования обозначены особенности обеспечения помехоустойчивости в зависимости от типа используемого режима управления. Также выделены преимущества автоматического управления БПЛА. Отдельное внимание уделено возможностям и принципу работы мажоритарного кодирования сигнала. Кроме того, обозначена модель для расчета вероятности ошибки.

Abstract. The article discusses the basics of increasing the noise immunity of the UAV control radio link. In the course of the study, the features of ensuring noise immunity are indicated depending on the type of control mode used. The advantages of automatic control of UAVs are also considered. Special attention is paid to the possibilities and principle of operation of the majority signal coding. In addition, a model for calculating the probability of error is indicated.

Ключевые слова: БПЛА, управление, канал, защита, помеха.

Keywords: UAV, control, channel, protection, interference.

Одним из перспективных направлений в области интеллектуальных технологий управления и обработки информации является разработка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Современное технологическое развитие БПЛА в качестве информационных или транспортных систем связано с использованием двух общих ресурсов - воздушного пространства и радиочастотного спектра. Безаварийная эксплуатация БПЛА в значительной степени зависит от надежной работы радиотехнических каналов связи между летательным аппаратом и станциями наземного управления, а также радиотехническими навигационными системами [1].

Надежное и безопасное информационное взаимодействие с помощью канала передачи данных между объектом и наземной станцией управления является обязательной частью функционирования комплекса, который включает БПЛА и наземную инфраструктуру управления, что требует особых мер по защите информации. Однако при всех преимуществах использования этого типа техники, для нее характерным является очень серьезный недостаток - слабая защита радиоканала управления от перехвата и «взлома».

Как показала практика использования БПЛА в реальных условиях эксплуатации, это является одним из самых слабых и уязвимых мест в системе управления. В процессе выполнения поставленных задач эксплуатация незащищенного или недостаточно защищенного канала управления БПЛА, приводит к срыву выполнения задания или в целом потери БПЛА [2]. Поэтому создание защищенного канала управления, имеющего высокие характеристики помехоустойчивости, является на сегодняшний день важной научно-практической задачей, решению которой и посвящена данная статья.

Анализ характеристик радиоканала связи с БПЛА проводился такими учеными как Tang, Hongying; Li, Baoqing; Yuan, Xiaobing; Gao, Ying; Попов А.Р., Балобанов А.В., Темрин Д.В., Яцемирская В.С. и др.

Классификация информационных радиоканалов БПЛА в зависимости от уровня эксплуатационных задач, критерии применимости различных режимов управления при нарушениях передачи данных по навигационным и командно-телеметрическим радиоканалам детально освещаются Борисовым К.В., Любушкиной И.Е., Rodriguez Gerson.

Однако, несмотря на имеющиеся наработки, задача обеспечения максимально достижимой помехозащищенности и помехоустойчивости канала управления БПЛА окончательно не решена и содержит в себе ряд дискуссионных вопросов. В частности, дополнительной проработки

требуют проблемы повышения защиты бортового приемника БПЛА, отдельного внимания заслуживает обоснование комплексного подхода обеспечения помехоустойчивости каналов управления БПЛА, которые включают программные, аппаратные и смешанные средства защиты.

Таким образом, с учетом вышеизложенного, цель статьи заключается в рассмотрении основ повышения помехоустойчивости радиолинии управления БПЛА.

На первом этапе формализации возможностей и инструментов повышения устойчивости к помехам и атакам радиолинии управления БПЛА необходимо определить, какие именно задачи должен решать радиоканал и какую пропускную способность должен иметь.

В таблице 1 в зависимости от технического уровня и состава выполняемых задач выделено несколько режимов управления БПЛА и ключевые характеристики канала управления.

Таблица 1.

Режимы управления БПЛА

Название режима управления	Характеристика режима управления и требования к каналам управления
Ручное управление БПЛА в зоне визуального контроля	Необходим радиоканал пропорционального управления, дальность полета ограничена зоной визуального контроля (300..700 м). Не зависит от состояния канала спутниковой навигации
Ручное управление БПЛА с обратным видеоканалом	Кроме радиоканала пропорционального управления используется широкополосный обратный (борт-земля) видеоканал. Дальность действия ограничивается параметрами видеоканала (40..60 км)
Автоматическое управление полетом БПЛА по разовым командам с наземной станции управления	Для управления достаточно узкополосного радиоканала передачи разовых команд. Контроль летательного аппарата осуществляется по телеметрической радиолинии. Дальность полета на высоте 1 км ограничена прямой радиовидимостью (реально до 80..110 км) в случае постоянного контроля за бортом. Высокая уязвимость по каналу спутниковой навигации
Автоматическое управление полетом БПЛА по заранее загруженной последовательности маршрутных точек и разовых команд	Дальность полета радиосвязи не ограничена. В случае необходимости постоянного контроля за параметрами летательного аппарата дальность ограничивается наземной ретрансляционной инфраструктурой. Высокая уязвимость по каналу спутниковой навигации.

Одним из эффективных способов защиты радиолинии ручного управления БПЛА является использование направленной антенны на пульте управления. Вследствие незначительной горизонтальной дальности между оператором и аппаратом, угол места последнего достигает 30 и более градусов, уровень сигнала в зоне потенциального постановщика помех значительно снижается и достоверный наземный анализ командных пакетов затрудняется или перестает быть оперативным.

Значительно более высокая защищенность по радиоканалам обеспечивается при автоматическом управлении БПЛА полетным контроллером-автопилотом, который находится на борту. Система автоматического управления с инерциальным блоком на основе микро-механических датчиков линейных ускорений и угловых скоростей, интегрированных со спутниковой навигационной системой, баровысотометром, магнитометром и системой воздушных сигналов, обеспечивает следащие контуры управления БПЛА необходимой информацией для полета через заданные путевые точки, или содержание БПЛА в окрестности одной или нескольких опорных точек.

При использовании автоматической системы управления БПЛА для повышения помехоустойчивости канала управления можно использовать мажоритарное кодирование сигнала.

Принцип работы метода мажоритарного кодирования заключается в следующем. Каждое сообщение ограниченной длины (или структурная последовательность составной части сигнала) передается несколько раз, чаще всего - три раза. Обработанные сообщения запоминаются, а затем осуществляется их поразрядное сравнение. Заключение о правильности приема выносится по совпадению большинства из количества принятых копий сигнала методом «два из трех». При мажоритарном декодировании для каждого информационного символа формируется нечетное число оценок путем сложения по модулю 2 определенных комбинаций символов принятого кода в решающем устройстве. Решение об истинном значении принятого символа принимается по мажоритарному принципу, то есть если большее количество оценок равно 1, то принимается именно такое решение [3].

При мажоритарном декодировании разрешенными являются все кодовые комбинации, а для принятия правильного решения об информационном сигнале больше половины элементов N_E должны быть приняты без ошибок. А так как при этом каждая несущая последовательность передается на отдельной частотной позиции, то этим и достигается повышение помехоустойчивости канала управления БПЛА при действии самых опасных многочастотных помех.

Таким образом, для определения вероятности ошибки можно воспользоваться следующим выражением:

$$Q_p(P_\Sigma) = \sum_{m=0}^{N_E} Q_z Q_y$$

где Q_z - вероятность поражения помехой m элементов сигнала из N_E , которая равна базе первой составляющей фазоманипулируемого сигнала, и используются для передачи элемента моделирующей последовательности сигнала;

Q_y - вероятность ошибки в приеме сигнала, m частот которого поражены помехой.

Кроме того, в процессе обеспечения помехоустойчивости радиолинии управления БПЛА требуется повышение его стойкости к имитируемым сигналам до необходимого уровня, как основного способа борьбы против навязывания ложных сигналов управления. Из числа основных способов решения данной проблемы можно отметить следующие:

- в процессе формирования командных посылок защищенных каналов управления и их шифрования, следует использовать сложные коды, временные метки, контрольные суммы для достижения нужной устойчивости канала управления, обеспечения распознавания сигнала «своего» или «чужого» передатчика;

- наращивание вычислительной мощности процессора автопилота;
- увеличение числа и качества внешних датчиков;
- использование инерциальной системы навигации с улучшенными точностных характеристиками.

Таким образом, основу обеспечения помехоустойчивости каналов управления БПЛА составляют сложные сигналы и различные методы их декодирования.

Список литературы:

1. Huang, K. Combating the Control Signal Spoofing Attack in UAV// IEEE transactions on vehicular technology. 2018. № 8; pp 7769-7773.
2. Yildiz, Yildiray Nonlinear hierarchical control of a quad tilt-wing UAV: An adaptive control approach // International journal of adaptive control and signal processing. 2017. Number 9; pp 1245-1264.
3. Rosales, Claudio Identification and adaptive PID Control of a hexacopter UAV based on neural networks // International journal of adaptive control and signal processing. 2019. Volume 33: Number 1; pp 74-91.

1.3. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УНИКАЛЬНОСТЬ СВОЙСТВ ЖИДКОЙ КЕРАМИЧЕСКОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

Анашкина Ирина Станиславовна

магистрант

*Тюменский Индустриальный Университет,
РФ, г. Тюмень*

Токарева Дарья Геннадьевна

магистрант,

*Тюменский Индустриальный Университет,
РФ, г. Тюмень*

Полянская Ирина Леонидовна

канд. техн. наук, доцент,

*Тюменский Индустриальный Университет,
РФ, г. Тюмень*

THE UNIQUENESS OF THE PROPERTIES OF LIQUID CERAMIC THERMAL INSULATION

Daria Tokareva

Master student

*Tyumen Industrial University,
Russia, Tyumen*

Irina Anashkina

Master student

*Tyumen Industrial University,
Russia, Tyumen*

Poljanskaja Irina

Candidate of Technical Sciences,

*Associate Professor in Tyumen Industrial University,
Russia, Tyumen*

Аннотация. Данная статья посвящена жидкой керамической теплоизоляции. Исследован химический состав материала. Приведены преимущества жидкой теплоизоляции. Рассмотрено применение жидкой фасадной теплоизоляции.

Abstract. This article is about liquid ceramic insulation. The chemical composition of the material has been investigated. The advantages of liquid thermal insulation are given. The application of liquid facade insulation is considered.

Ключевые слова: теплопроводность; жидкая теплоизоляция; керамические микросферы; энергоэффективность.

Keywords: Thermal conductivity; liquid thermal insulation; ceramic microspheres; energy efficiency.

Решение проблем ресурсосбережения при возведении зданий является одним из важных направлений повышения эффективности строительства. Общими задачами в различных отраслях строительства является рациональное использования природных ресурсов, организация эффективной системы переработки материалов, повышение качества выполняемых работ и обеспечение долговечности сооружений.

Важнейшей целью теплоизоляции строительных конструкций является повышение энергоэффективности зданий и снижение энергопотребления за счет повышения термического сопротивления ограждающих конструкций с помощью теплоизоляционных материалов.

В настоящее время набирает популярность применение жидкой фасадной теплоизоляции, которая обеспечивает сверхэффективную теплозащиту зданий. Жидкая теплоизоляция - это жидко – керамическое теплоизоляционное покрытие, которое представляет собой композицию на основе акриловых полимеров, полых стеклокерамических микросфер, ингибиторов коррозии, антикоррозионных пигментов и вспомогательных веществ.

Теплопроводность жидкой теплоизоляции 0,001-0,003 Вт/(м*К). Уникальность теплоизоляционных свойств данного материала определяется его химическим составом. Основой является смесь керамических микросфер (диаметром 10-30 мкм) с разреженным воздухом 0,13 Па и силиконовых микросфер (диаметром от 50-80 мкм) заполненных воздухом, находящихся во взвешенном состоянии в латексной среде с акриловыми переплетениями.

Наиболее распространенным способом получения полых керамических микросфер является сортировка золошлаковых продуктов сжигания углей в топках котлов ТЭЦ. Когда минеральные примеси подвергаются

воздействию высоких температур, наиболее легкоплавкие частицы оплаваются и стягиваются за счет сил поверхностного натяжения в сферическую форму. При плавлении происходит миграция алюмосиликатного расплава в газовом потоке в виде отдельных мельчайших капель. При высоких температурах захваченные газовые включения увеличиваются в объеме и образуют разряженную газовую полость. Пустотелые сферы представляют собой дисперсный материал, имеющий наименьшую плотность, а также обладают низкой объёмной массой, вследствие чего легко всплывают в воде, что облегчает их извлечение из массива зооотвала.

Такие частицы характеризуются преимущественным химическим составом SiO_2 (55-70%), Al_2O_3 (20-40%) и содержанием оксидов, магния, железа, кальция, титана и др. Газовая фаза, законсервированная внутри микросфер, состоит в основном из кислорода, азота, оксида углерода и водяного пара.

Стоит отметить, поскольку специальная термообработка микросфер уже произведена, то даже при резком нагревании разрушения микросфер не происходит, поэтому эксплуатационная температура эксплуатации жидкой теплоизоляции может достигать $+200^\circ\text{C}$.

Керамические микросферы составляют 70-80% всего теплоизоляционного материала. Остальные 20–30% состава жидкой теплоизоляции это силиконовый и акриловый наполнитель, которые играют роль связующего. Силикон придает жидкой теплоизоляции гидроизоляционные свойства, а благодаря акрилу, материал становится эластичным. Наличие в составе диоксида титана обеспечивает теплоизоляционному покрытию низкую излучаемость.

Способ нанесения покрытия на поверхность фасадов

Наносится валиком, кистью или безвоздушным распылителем на сухую предварительно подготовленную поверхность. Перед нанесением рекомендовано применение грунтовки глубокого проникновения на основе акрила при температуре окружающей среды от $+10^\circ\text{C}$ до $+45^\circ\text{C}$. Рекомендованная толщина от 1,5 до 3 мм.

Толщина каждого слоя теплоизоляции после нанесения не должна превышать 0,5 мм. Нанесение очередного слоя осуществляется через 24 часа после полной полимеризации предыдущего слоя. Нарушение технологии нанесения жидкой теплоизоляции может привести к растрескиванию покрытия. При высокой температуре окружающей среды существенно ускоряется процесс испарения воды и отверждения покрытия. При этом высыхает только верхний слой теплоизоляции и

«захлопывает» внутри пары воды, что ухудшает теплоизоляционные и эксплуатационные характеристики материала.

Преимущества жидкой теплоизоляции

- Обеспечивает защиту поверхности от воздействия влаги, атмосферных осадков и перепадов температуры;
- Содержит ингибиторы грибка и плесени;
- Уменьшает теплопотери;
- Снижает затраты на кондиционирование;
- Не разрушается под воздействием УФ излучения;
- Обладает повышенной паропроницаемостью;
- Не создает дополнительную нагрузку на несущие конструкции;
- Пожаробезопасно. При температуре 260°C обугливается, а при температуре 800°C разлагается с выделением окиси углерода и окиси азота, что способствует замедлению распространения пламени;
- Экологически безопасна, нетоксична и не содержит вредных летучих органических соединений:
- Стойкая к щелочам;
- Исключают появление коррозии на поверхности металла и образование грибка в условиях повышенной влажности на бетонных поверхностях;
- После высыхания не требует дополнительной защиты от механических воздействий и агрессивных факторов окружающей среды;
- Блокирует образование конденсата;
- Предотвращение появления «мостиков холода»;
- Возможность использования на объектах со сложной формой поверхности;
- Не создает уменьшение полезной площади;
- Устойчивость к динамическим нагрузкам, усадкам и растяжению;
- Проста в нанесении.

Применение жидкой фасадной теплоизоляции

- Теплоизоляция снаружи конструкций стен для снижения тепловых потерь;
- Утепление изнутри конструкций стен для устранения «мостиков холода»;
- Утепление кровли;

- Изоляция деформационных швов, а также швов стеновых и железобетонных панелей;
- Утепление оконных откосов;
- Утепление торцов монолитных перекрытий;
- Утепление стен подвалов;
- Утепление балконов и лоджий.

В России насчитывается более 20 производителей жидкой теплоизоляции. Марки Корунд, Изолатт, Re-Therm, Астратек, Актерм, Магнитер пользуются наибольшей популярностью. В настоящее время освоение рынком жидкой фасадной теплоизоляции находится на начальном этапе, но заинтересованность потребителей в данной продукции начинает постепенно возрастать.

Список литературы:

1. Процессы образования основные свойства полых микросфер в золах-уноса тепловых электростанций/ В.С.Дрожжин, М.я.Шпирт, Л.Д.Данилин и др. // Химия твердого тела. - №2 - С.53-66.
2. Инин А.Е. Разработка составов теплоизоляционных покрытий на основе тонкодисперсных минеральных наполнителей: Автореф. дис. канд. техн. наук/ - Пенза, 216. – 24с.
3. Теплоизоляция «Корунд» [Электронный ресурс]/ URL: <http://korund34.ru/>.
4. Теплоизоляция «Re-Therm» [Электронный ресурс]/ URL: <http://www.re-therm.ru/>.

СРАВНЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ФЕРМ ПРИ ПЛОСКОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЕ

Токарева Дарья Геннадьевна

магистрант

*Тюменский Индустриальный Университет,
РФ, г. Тюмень*

Анашкина Ирина Станиславовна

магистрант

*Тюменский Индустриальный Университет,
РФ, г. Тюмень*

Ефимов Александр Алексеевич

канд. техн. наук, доцент

*Тюменский Индустриальный Университет,.
РФ, г. Тюмень*

COMPARISON OF THE ACTUAL WORK OF TRUSSES WITH A FLAT AND SPATIAL DESIGN SCHEME

Daria Tokareva

Master student

*Tyumen Industrial University,
Russia, Tyumen*

Irina Anashkina

Master student

*Tyumen Industrial University,
Russia, Tyumen*

Efimov Alexander

Candidate of Technical Sciences,

*Associate Professor in Tyumen Industrial University,
Russia, Tyumen*

Аннотация. Резервы запаса прочности конструкций могут обуславливаться не только коэффициентами надежности, назначаемыми на стадии проектирования, но и за счет совместной работы каркаса зданий и сооружений. В данной статье будет рассмотрено влияние жёсткого диска покрытия на работу элементов стальных стропильных ферм.

Abstract. The safety reserves of structures can be determined not only by the reliability factors assigned at the design stage, but also due to the joint work of the frame of buildings and structures. This article will examine the effect of the hard disk cover on the operation of the elements of steel truss trusses.

Ключевые слова: действительная работа стальных ферм; дефект; пространственная схема; резерв несущей способности.

Keywords: actual work of steel trusses; defect; spatial scheme; bearing capacity reserve.

Объект исследования – здание Детско-юношеской школы №1 в г. Заводоуковске. В 2016 году было проведено обследование объекта, причина – обнаружение дефектов несущих стропильных конструкций, которые могли привести к обрушению покрытия.

Здание ДЮСШ представляет собой 3-блочное бескаркасное прямоугольное кирпичное строение с продольными и поперечными несущими стенами с размерами в плане 15,02×51,24 м. Стены здания выполнены из керамического кирпича, перекрытия и покрытия над 2-этажными блоками устроены из плоских пустотелых плит толщиной 220 мм. Покрытие над 1-этажным блоком устроено из железобетонных ребристых плит размерами 1,5×6,0 м, опирающихся на стальные стропильные фермы и поперечные несущие стены. Пространственная жесткость обеспечивается совместной работой стен, дисков перекрытий и покрытия. Над основной частью здания крыша чердачная 4-скатная, устроена по деревянным стропильным конструкциям, поперечный разрез здания представлен на рис. 1.

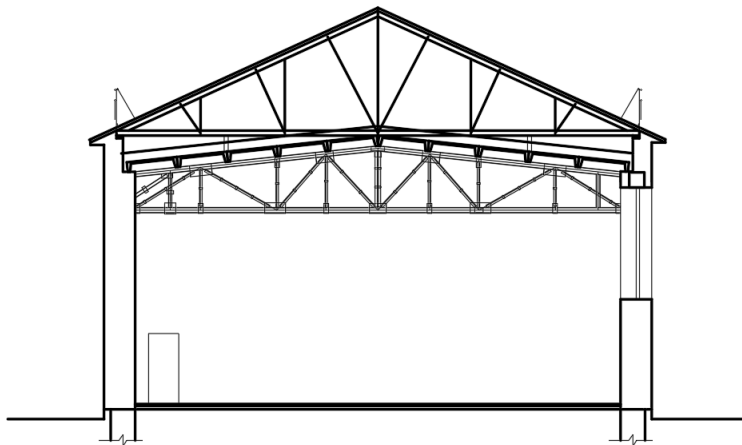


Рисунок 1. Поперечный разрез здания

Объект неоднократно был реконструирован, что усложняло обследование и анализ причин появления критических дефектов.

Обследуемые конструкции – стропильные стальные 2-скатные фермы с уклонами верхних поясов 1:9 изготовлены из стальных уголков сечением L 75×50×7 и швеллеров [№16. Из спаренных стальных уголков указанного размера изготовлены все элементы решетки, включая опорные раскосы. Из швеллеров изготовлены нижние и верхние пояса. Верхние пояса дополнительно усилены стальными уголками сечением L 56×36×5.

Результаты обследования выявили следующие критические дефекты:

- опорные раскосы в крайних панелях всех стропильных ферм за исключением двух панелей выгнуты из плоскости ферм, выгибы опорных раскосов в крайних панелях стропильных ферм составляют 50÷180 мм, выгнуты из плоскости также и узловые пластины, к которым приварены опорные раскосы;
- электросварные швы между дополнительными стойками и опорными раскосами разрушены с образованием горизонтальных трещин шириной до 20÷25 мм.

По результатам обследования стропильных конструкций можно заключить, что они находятся в аварийном состоянии, поэтому дальнейшая эксплуатация здания не допустима.

Для проверки усилий, возникающих в ферме, и проверки условий прочности и устойчивости элементов ферм, выполняется поверочный расчет.

Сбор нагрузок. Обследуемый объект расположен в Тюменской области, г. Заводоуковск.

По ветровому давлению Тюменская область относится ко II-му ветровому району. Величина нормативного ветрового давления составляет $w_0 = 0,23 \text{ кН/м}^2$ [3].

По весу снегового покрова г. Заводоуковск относится к III-му снеговому району. Расчетное значение веса снегового покрова на горизонтальной поверхности земли составляет $s_q = 1,5 \text{ кН/м}^2$ [3].

Расчет фермы производится с учетом следующих нагрузок:

1) Постоянная нагрузка учитывает в себе:

- Стропильная система и собственный вес покрытия (опирается в 3-х точках)
- Собственный вес плит покрытия
- Слои арболита, стяжки и полистиролбетона

Таблица 1.

Вид нагрузки

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка g_n , кгс/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Расчетная нагрузка g , кгс/м ²
Покрытие			
Постоянная:			
Профилированный настил $g=10 \text{ кгс/м}^2$	10	1,05	10,5
Обрешетка из досок $40 \times 150 \text{ мм}$, $\gamma=600 \text{ кг/м}^3$ с шагом $b=0,35 \text{ м}$	10,3	1,1	11,3
Итого:	20,3		21,8

Средний шаг стропильных рам составляет $V = 1,35 \text{ м}$.

Величина расчетной распределенной постоянной нагрузки от покрытия составляет $0,03 \text{ тс/м}$, нормативной $0,027 \text{ тс/м}$.

Величины сосредоточенных сил на ферму определялись с учетом шага стропильных рам $1,35 \text{ м}$ и шага ферм 6 м с повышающим коэффициентом $k = 6/1,35 = 4,44$ по отношению к нагрузкам от опор стропильной рамы.

Определение величин расчетных нагрузок на 1 м² от перекрытия спортзала и полезной нагрузки в чердачном помещении приведено в таблице 2.

Таблица 2.

Определение величин расчетных нагрузок на 1 м² от перекрытия спортзала и полезной нагрузки в чердачном помещении

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка g_n , кгс/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке, γ_f	Расчетная нагрузка g , кгс/м ²
Перекрытие			
Постоянная:			
Полистиролбетон $t=40$ мм, $\gamma=620$ кгс/м ³	25	1,3	33
Стяжка из цементно-песчаного раствора $t=40$ мм, $\gamma=1820$ кгс/м ³	73	1,3	95
Арболит $t=200$ мм, $\gamma=620$ кгс/м ³	124	1,3	161
Железобетонные ребристые плиты перекрытия $g=180$ кгс/м ²	180	1,1	198

Нагрузки передаются на верхний пояс фермы от железобетонных ребристых плит шириной 1,5 м.

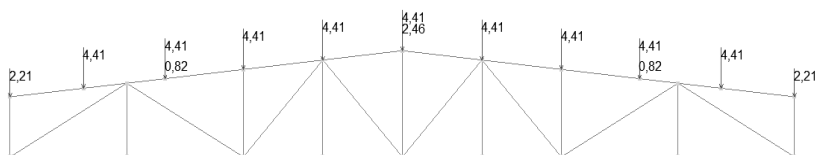


Рисунок 2. Суммарная постоянная нагрузка постоянная нагрузка (Загружение L1)

2) Временные нагрузки включают:

- Полезная нагрузка на чердачное перекрытие (прикладывается аналогично собственному весу плит покрытия)
 - Снеговая нагрузка (равномерно распределённая)
- Полезная нагрузка на чердаке $g=70$ кгс/м².

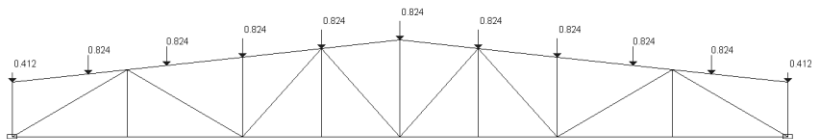


Рисунок 3. Временная полезная нагрузка на чердачное перекрытие (Загружение L2)

Снеговая нагрузка приложена равномерно, $\mu=1,0$ для всей ширины покрытия.

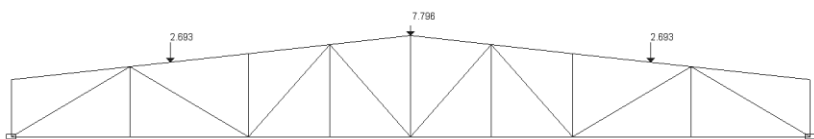


Рисунок 4. Снеговая нагрузка (Загружение L3)

Статический расчет стропильной фермы выполнен в ПО SCAD++, версия: 21.1.1.1.

Ферма закреплена в плоскости шарнирно подвижно в одном узле опирания на стены и шарнирно неподвижно в другом, сопряжение элементов фермы также шарнирное. Из плоскости в опорных узлах принято жесткое защемление.

При пространственном расчете каркас рассматривается как система плоских рам, соединенных между собой горизонтальными продольными дисками.

Сравнение распределения усилий между пространственной и плоской расчётными схемами будет производиться по комбинации загрузений от собственного веса плит покрытия, кровельного покрытия, стропильной системы, равномерно распределенной снеговой нагрузки с $\mu=1$ и полезной нагрузки на чердаке.

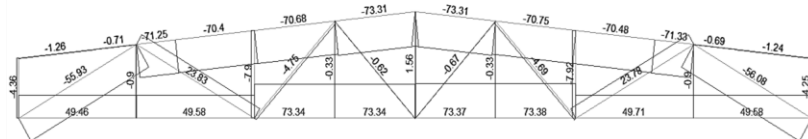


Рисунок 5. Эюра продольных усилий N от комбинации $L1+L2*0.9+L3*0.7$, тс

При переходе к пространственной схеме сосредоточенные силы в узлах ферм преобразовываются в равномерно распределенные.

Собственный вес железобетонных плит учитывается программой, плиты заданы пластинами с размером полок $h=275\text{мм}$, $b=93\text{мм}$, и плитной частью толщиной 50 мм. Бетон класса В30, объемный вес равен $2,5 \text{ т/м}^3$

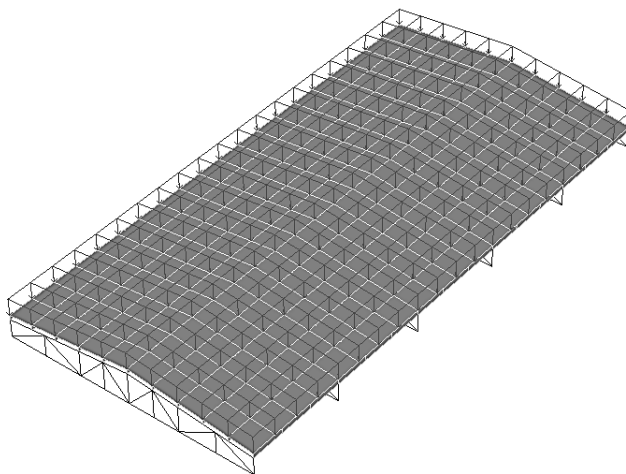


Рисунок 6. Расчетная схема пространственной модели каркаса

Загрузки при расчете пространственной схемы:

- L1 – собственный вес стропильных ферм и поит покрытия;
- L2 – собственный вес стропильной системы;
- L3 – Нагрузка от слоев арболита, стяжки и полистиролбетона;
- L4 – Полезная нагрузка на чердачное перекрытие;
- L5 – Снеговая равномерно распределенная нагрузка.

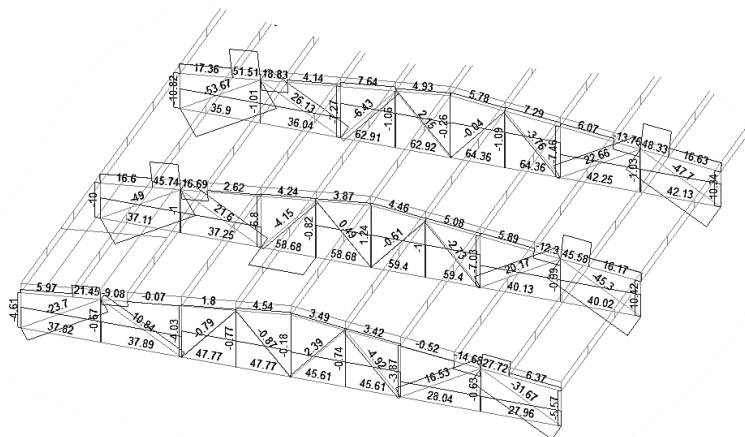


Рисунок 7. Эюра продольных усилий N при комбинации нагрузок $L1+L2+L3+0.7*L4+0.9*L5$, тс

Необходимо выявить резервы несущей способности металлических ферм при учете совместной работы с плитами покрытия.

Сравним коэффициенты использования элементов стропильных ферм:



Рисунок 8. Коэффициенты использования при плоской схеме

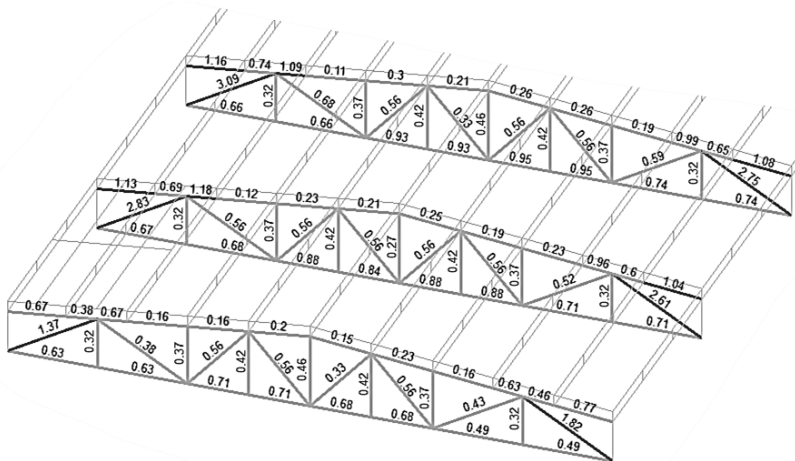


Рисунок 9. Коэффициенты использования при учете пространственной работы каркаса

Результаты расчетно-теоретического анализа показали:

Сравнивая продольные усилия, можно сделать вывод, что полное включение железобетонных плит покрытия в совместную работу со стропильными фермами оказывает наибольший разгружающий эффект на элементы верхнего пояса. В крайних панелях коэффициент использования превышает допустимые значения по п. 9.1.1 [1] (Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов), это можно объяснить тем, что плиты не опираются непосредственно в узлы фермы, что создает возникновение значительных по величине изгибающих моментов (до $6 \text{ т}^*\text{м}$).

Также стоит отметить, что влияние на остальные элементы решетки незначительно.

Список литературы:

1. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Изменением N 1). – Введ. 2001-05-20. – М.: Минрегион России, 2011. – 172 с.
2. СП 13 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций – Введ. 2003-08-21. – М.: Госстрой России, 2003 – 31с.

3. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменением N 1). – Введ. 2017-06-04. – М.: Минрегион России, 2016 – 107 с.
4. Васильева Д.С. Действительная работа стальных стропильных ферм с учетом дефектов и повреждений: Автореф. дис. канд. техн. наук: – Новосибирск, 1998. - 17 с.
5. Бай В.Ф. Обследование строительных конструкций спортивного зала детско-юношеской спортивной школы, расположенной по адресу: г. Заводоуковск, переулок Садовый, 1 [Текст]: Отчет, 2016 – 141 с.

1.4. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

ПЕРЕВОД РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА НА ПЕРЕКАЧКУ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Неволин Артём Разильевич

магистрант,

Уфимский государственный

нефтяной технический университет,

РФ, г. Уфа

Аннотация. Рассмотрены и проанализированы теоретические и практические материалы, связанные с организацией производства по восстановлению распределительных газопроводов и подготовкой их к повторному использованию. На примере газопровода ГРС1-АО «Газпромнефть-Омский НПЗ» доказано, что повторное применение распределительных газопроводов для перекачки светлых нефтепродуктов возможно технически и экономически целесообразно при определенных условиях.

Разработана концепция проведения модернизации АО «Газпромнефть-Омский НПЗ» в области замены распределительного газопровода и его перевода на перекачку светлого нефтепродукта, при этом гарантирована надежность труб при повторном использовании.

Ключевые слова: газопровод; нефтепродукты.

Топливо-энергетический комплекс – основа всей экономики России. Нефтегазовая система для нашей страны – основной элемент промышленности, производства, транспорта и народного хозяйства. Эксплуатация газопроводов – важный процесс добычи, переработки, транспортировки, хранения и распределения газа. В обычной практике жизнь трубопровода проходит несколько этапов – от проектирования до демонтажа труб. Но не всегда демонтированная труба находится в изношенном состоянии, так, например, из-за изменения технологического процесса на нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) распределительные газопроводы могут вывести из эксплуатации после 5–7 лет. В таких случаях можно предположить, что повторное применение распределительных газопроводов для перекачки светлых нефтепродуктов возможно

технически и экономически целесообразно при определенных условиях. На сегодняшний день реальных примеров перевода распределительных газопроводов на перекачку дизельного топлива, бензина, нефти и горюче-смазочных продуктов не так много. И на это есть основание, ведь проще демонтировать или просто бросить, чем столкнуться с рядом технологических, экономических и другие сложностей для повторного использования газопроводов.

Для нашего исследования был выбран газопровод ГРС1-АО «Газпромнефть-Омский НПЗ». Компания АО «Газпром нефть», собственник завода с 2008 года, осуществляет крупномасштабную программу модернизации, направленную на увеличение глубины переработки нефти до уровня лучших мировых показателей, что предполагает строительство новых объектов, реновацию производственных мощностей с учетом современных экологических требований, повышение надежности и безопасности производственных процессов. В связи с производственной необходимостью в проекте модернизации заложено строительство нового распределительного газопровода с ГРС1 на Омском НПЗ большим диаметром.

В районе ГРС1 компания АО «Газпромнефть-ОНПЗ» планирует строительство многопливной автозаправочной станции для нужд автотранспорта Омского НПЗ и местного населения. Таким образом, постройка данной автозаправочной станции будет экономически целесообразна. Старый газопровод при этом после диагностики будет использован повторно для перекачки светлых нефтепродуктов с АО «Газпромнефть-ОНПЗ» на автозаправочную станцию в обратном направлении.

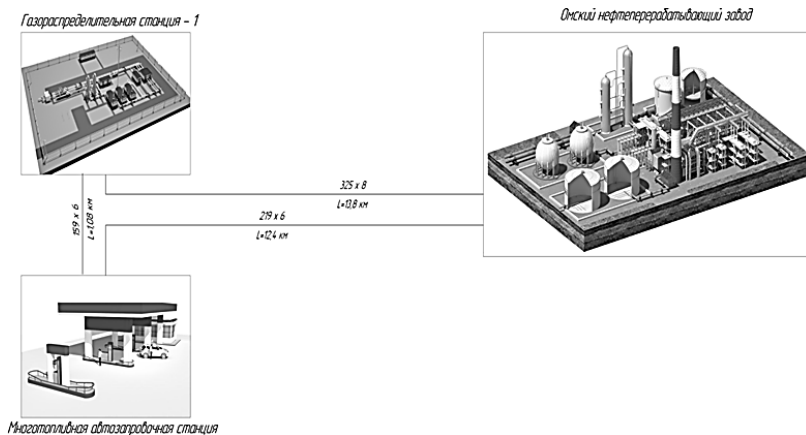


Рисунок 1. Схема перевода газопровода ГРС1-Омский НПЗ

Перед началом работ по переводу газораспределительного трубопровода на перекачку светлых нефтепродуктов необходимо определить потенциально опасные участки и устранить недопустимые дефекты.

Нами была произведена диагностика по разработанной программе диагностирования газопровода без вскрытия грунта, которая состоит из следующих разделов: технические средства диагностирования; проверка на герметичность; проверка эффективности работы электрохимзащиты; проверка состояния изоляции; выявление участков газопровода с аномалиями металла труб; определение коррозионной агрессивности грунта и наличия блуждающих токов.

Далее использован магнитный метод внутритрубной диагностики, основанный на регистрации магнитных полей рассеяния, образующихся при намагничивании стенки трубы.

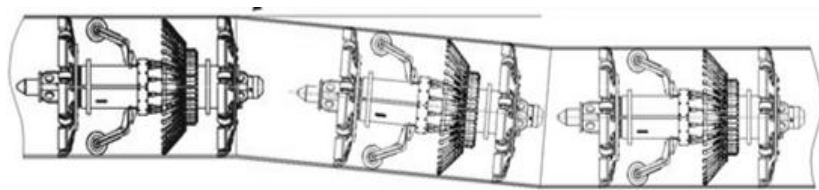


Рисунок 2. Дефектоскопия газопровода

По результатам проведенного внутритрубного диагностирования участка «ГРС1-Омский НПЗ» получили численные оценки показателя технического состояния и определили срок проведения последующего ТД. Расчет показал исправное состояние, данному газопроводу необходимо провести ВТД не менее чем через 5 лет. По выявленным дефектам проведен весь комплекс работ по проведению безостановочного ремонта. Таким образом, было показано, что газопровод «ГРС1-Омский НПЗ» готов к переводу на перекачку светлого нефтепродукта.

Переоборудованный газопровод можно считать готовым к приему нефтепродукта, если предусмотренные проектом монтажные работы выполнены в полном объеме, содержание отложений не превышает допустимого значения, линия и технологическое оборудование выдержали испытания на прочность и герметичность.

Далее провели расчет характеристик для нового перекачиваемого нефтепродукта. В случае соответствия рабочих параметров нового нефтепродукта и распределительного газопровода должны производиться подготовительные работы для изменения перекачиваемого продукта.

На основании проведенного исследования разработана технология, описывающая организационно-технические мероприятия и технические решения для перевода распределительных газопроводов сетей на перекачку светлых нефтепродуктов.

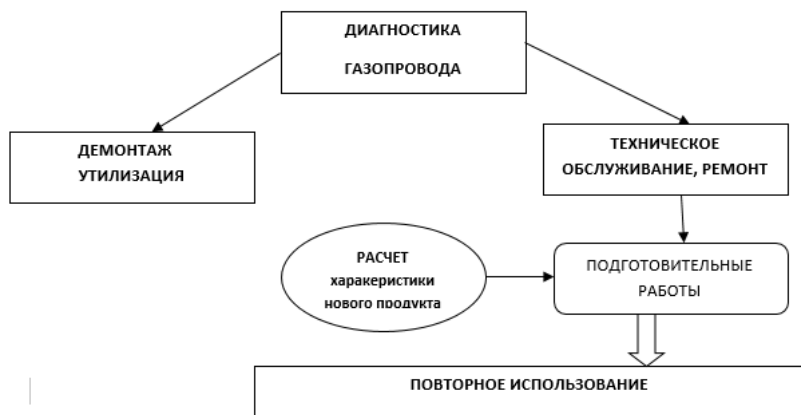


Рисунок 3. Схема технологии повторного использования распределительного газопровода на перекачку нефтепродуктов

Разработка технологии, описывающей организационно-технические мероприятия и технические решения для перевода распределительных газопроводов сетей на перекачку светлых нефтепродуктов, поможет решить ряд вопросов повторного использования трубопроводов.

Технология универсальна и может использоваться при ремонте трубопроводов распределения газа, НПЗ, нефтехимических объектов, электростанций, добычи полезных ископаемых, целлюлозно-бумажных производств, систем водоснабжения и канализации. Повторное использование газопровода, не утратившего свой ресурс, будет отличным примером вторичного использования трубопровода. Данный перевод имеет ряд преимуществ для компании. Кроме экономического эффекта, переоборудование трубопровода соответствует приоритетному направлению в области природопользования и экологии, а также программе энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Список литературы:

1. Положение об организации диагностического обследования и капитального ремонта объектов ПАО «Газпром» (утверждено приказом ПАО «Газпром» от 16.04.2013 № 133). – 2013. – 74 с.
2. РД 558-97 Руководящий документ по технологии сварки труб при производстве ремонтно-восстановительных работ на газопроводах / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://znaytovar.ru/gost/2/RD_55897 (дата обращения: 06.05.2021).
3. Рябов И.А., Галаятдинов А.А. Особенности оценки остаточного ресурса трубопроводов системы газоснабжения // Энергоэффективность. Проблемы и решения. Тез. докл. научн.-практ. конф. (Уфа, 20 октября 2005 г.). – 2005. – С. 116–119.
4. Тугунов П.И. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов : учеб. пособие / П.И. Тугунов, В.Н. Новоселов, А.А. Коршак, А.М. Шаммазов. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2002. – 658 с.
5. Узакова Л.П. Современные методы и средства технического диагностирования / Л.П. Узакова, Н.О. Каландаров // Молодой ученый. – 2014. – № 9 (68). – С. 216–218 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/68/11669/> (дата обращения: 20.03.2021).

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам XLV международной
научно-практической конференции*

№ 5 (45)
Июнь 2021 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 07.06.21. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2,88. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru