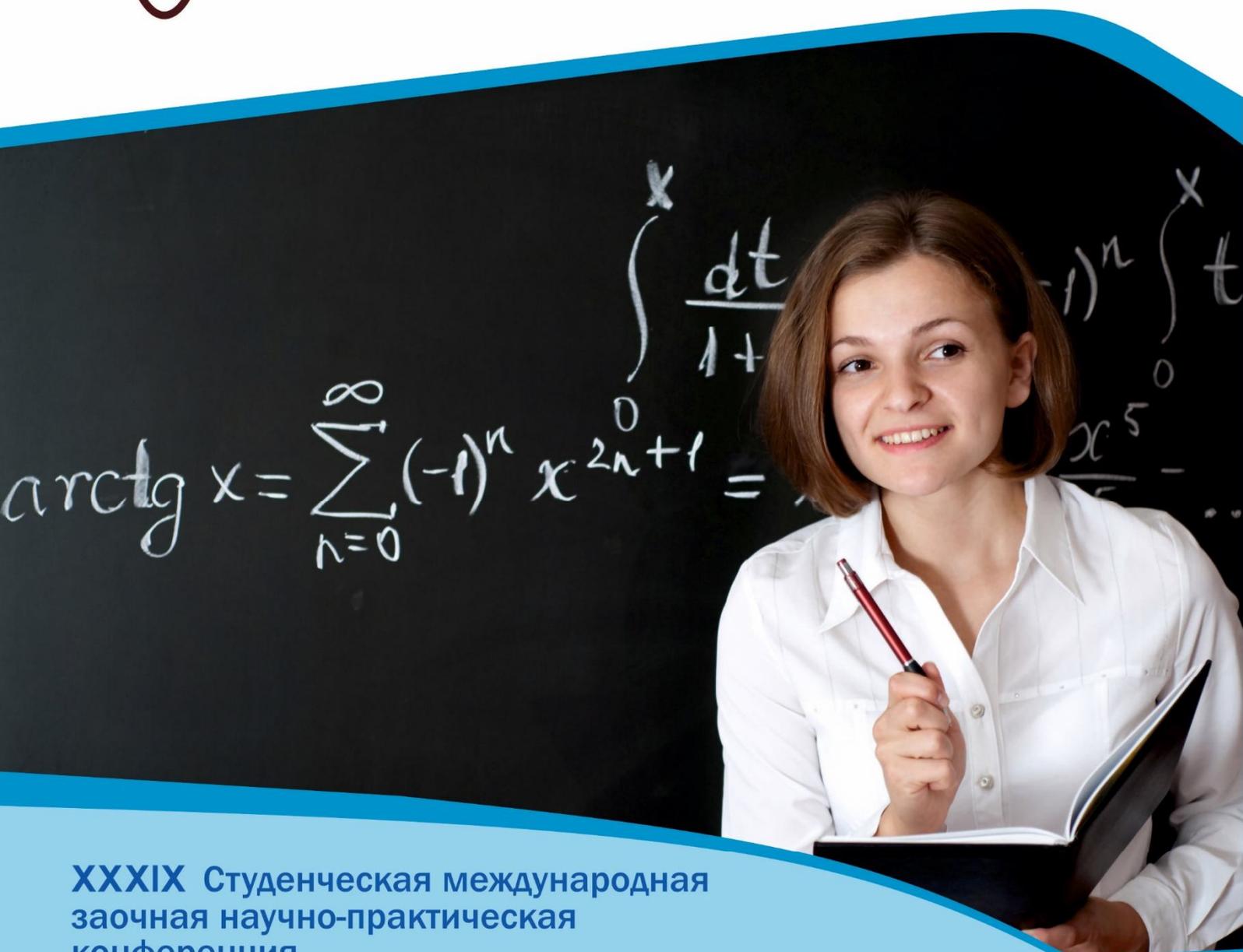




**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru

ISSN 2618-9402



**XXXIX Студенческая международная  
заочная научно-практическая  
конференция**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ  
№4(39)**

г. МОСКВА, 2021



# ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

*Электронный сборник статей по материалам XXXIX студенческой  
международной научно-практической конференции*

№ 4 (39)  
Апрель 2021 г.

Издается с февраля 2018 года

Москва  
2021

УДК 62+51  
ББК 30+22.1  
Т38

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:

*Волков Владимир Петрович* – кандидат медицинских наук, рецензент АНС «СибАК»;

*Елисеев Дмитрий Викторович* – кандидат технических наук, доцент, начальник методологического отдела ООО "Лаборатория институционального проектного инжиниринга";

*Захаров Роман Иванович* – кандидат медицинских наук, врач психотерапевт высшей категории, кафедра психотерапии и сексологии Российской медицинской академии последиplomного образования (РМАПО) г. Москва;

*Зеленская Татьяна Евгеньевна* – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра высшей математики в Югорском государственном университете;

*Карпенко Татьяна Михайловна* – кандидат философских наук, рецензент АНС «СибАК»;

*Костылева Светлана Юрьевна* – кандидат экономических наук, кандидат филологических наук, доц. Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва;

*Попова Наталья Николаевна* – кандидат психологических наук, доцент кафедры коррекционной педагогики и психологии института детства НГПУ;

**Т38 Технические и математические науки. Студенческий научный форум.** Электронный сборник статей по материалам XXXIX студенческой международной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2021. – № 4 (39) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [https://nauchforum.ru/archive/SNF\\_tech/4\(39\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/4(39).pdf)

Электронный сборник статей XXXIX студенческой международной научно-практической конференции «Технические и математические науки. Студенческий научный форум» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

## Оглавление

<b>Секция 1. Технические науки</b>	<b>4</b>
КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КАРОТАЖНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД Бурхина Регина Ердосовна Джатыков Темирлан Ермакович	4
КОЛЕБАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ИХ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ Голубев Данил Сергеевич Дюсембаев Акназар Заренулы Исабекова Анель Саттаровна Кадышева Камила Кайратовна Абаева Нелла Фуатовна	10
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА Макаров Павел Сергеевич Ташлыков Александр Анатольевич	16
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЁМНО- ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ЗОНДИРОВАНИЯ ЛУННОГО ГРУНТА Семёнов Дмитрий Александрович Дубовой Александр Николаевич	21
РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ФИБРОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ Титов Владимир Юрьевич	31
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ, ДЕФОРМАТИВНОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗНОГО СЕЧЕНИЯ Титов Владимир Юрьевич	36
<b>Секция 2. Физико-математические науки</b>	<b>41</b>
ПОСЛЕДСТВИЯ ПАНДЕМИИ COVID-19 - ВОЗМОЖНОСТЬ ДЛЯ НОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ИТ ОТРАСЛИ Пасюта Максим Андреевич Сучкова Лариса Иннокентьевна	41

## СЕКЦИЯ 1.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КАРОТАЖНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД

***Бурхина Регина Ердосовна***

*магистрант,*

*Казахстанско-Британский технический университет,*

*Республика Казахстан, г. Алматы*

***Джатыков Темирлан Ермекович***

*научный руководитель,*

*PhD кандидат, сеньор-лектор,*

*Казахстанско-Британский технический университет,*

*Республика Казахстан, г. Алматы*

Основной целью данной работы является анализ и интерпретация комплекса каротажных исследований для выявления геологических и петрофизических свойств горных пород, необходимых для решения технических задач бурения, добычи и разработки пластов на месторождении X.

Результаты и интерпретация данных современных методов исследования приведены для решения следующей задачи: провести количественную и качественную интерпретацию по материалам ГИС для выявления базовых геологических и петрофизических свойств горных пород на месторождении X.

В скважине № А месторождения X выполнен полный комплекс ГИС, включающий следующие виды исследований (таб. 1)

***Таблица 1.***

**Выполненные методы ГИС и оценка их качества**

<b>№</b>	<b>Методы</b>	<b>Масштаб глубин</b>	<b>Качество материала</b>
1	БК (RD,RS)	1: 200	хорошее
2	МБК (RMSL)	1: 200	хорошее
3	АК (DT)	1: 200	хорошее
4	ГК (GR)	1: 200	хорошее
5	КВ (Caliper)	1: 200	хорошее
6	ПС (SP)	1: 200	хорошее

№	Методы	Масштаб глубин	Качество материала
7	Литолого-плотностной каротаж (ZDEN,PE)	1: 200	хорошее
8	Компенсированный Нейтронный каротаж (CNC)	1: 200	хорошее
9	Инклинометрия	/	хорошее

Качество материалов соответствует требованиям технической инструкции по проведению геофизических исследований в скважинах, позволяет оценить разрез, оценить геолого-геофизические характеристики выделенных пластов-коллекторов. По материалам ГИС проведена количественная и качественная интерпретация; в результате проведено литологическое расчленение разреза, выделены пласты-коллекторы, определены емкостные свойства пород, тип флюида, насыщающие пласты-коллекторы. При обработке данных ГИС использованы программы обработки.

#### А. Вычисление пористости.

Путем построения кросс-плотов по данным литолого-плотностного каротажа, компенсированного нейтронного каротажа, акустического каротажа определена общая пористость, эффективная пористость выделенных пластов-коллекторов. Параметры литологии указаны в табл. 2 [1 с. 37-38].

**Таблица 2.**

#### Параметры скелета пород и флюида

Скелет породы	$\Delta t_{ma} (\mu s / m)$	$\rho_{ma} (g / cm^3)$	$\phi_{Nma} (\%)$
Известняк	156 <sub>КТ1</sub> . 153 <sub>КТ2</sub>	2.71	0
Доломит	143	2.87	2
Ангидрит	164	2.98	-2
Гипс	171	2.35	49
Соль	220	2.03	-1
Песчаник	182~168	2.65~2.68	-1 ~ -5
Пресная вода	620	1	100
Солёная вода	565 <sub>КТ1</sub> . 513 <sub>КТ2</sub>	1.056	100
Аргиллит	270	2.60-2.68	30

#### Б. вычисление насыщения.

При определении характера насыщения коллекторов использовалась формула Арчи. (1) Для решения формулы использованы петрофизические параметры

(связи) для геологических условий Прикаспийской Впадины:  $a=0,87$ ,  $b=1$ ;  $m=1,93$ ;  $n=2,04$ ;

$$S_w = \left( \frac{ab \times R_w}{R_t \times \text{POR}^m} \right)^{(1/n)} \quad (1)$$

где POR – эффективная пористость

$R_t$ – сопротивление пласта

$R_w$ – сопротивление пластовой воды

$a$  – константа для данного типа пород

$m$  – структурный показатель степени цементации пород

$n$ ,  $b$  – величины, зависящие от структуры порового пространства и смачиваемости пород.

В. Вычисление проницаемости:

При определении проницаемости использована регрессионная зависимость пористости от проницаемости для данного месторождения X по нижеследующим формулам (2), (3):

$$\text{КТ-I: } \log K_1 = 0,226 * \text{POR} - 1,807 \quad (2)$$

$$\text{КТ-II: } \log K_2 = 0,451 * \text{POR} - 4,465 \quad (3)$$

где POR---эффективная пористость (%).

Г. Выделение пластов-коллекторов.

Литология разреза определена путем построения кроссплотов по данным компенсированного нейтронного каротажа (CNC) и гамма-плотностного метода (ZDEN, PE). [3,4].

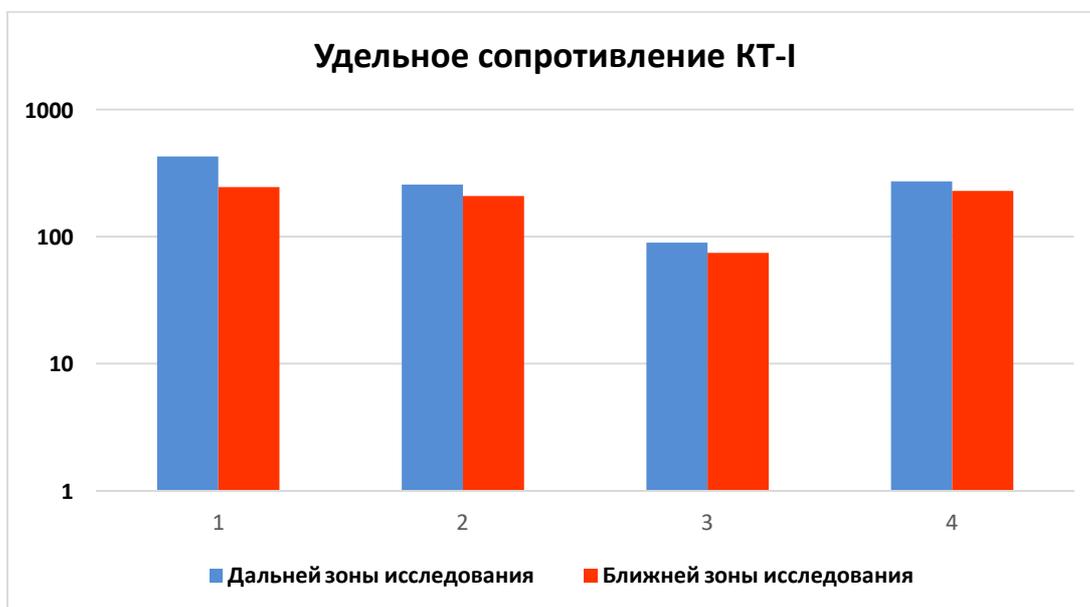
КТ-I известняки, известняки доломитистые, доломиты известковистые с подчиненным количеством глинистых разностей. Имеют место присутствие частых прослоев аргиллитов.

Граничное значение пористости при выделении пластов-коллекторов КТ-I 6%, проницаемости – 0,1 миллидарси. Граничное значение насыщение при выделении нефтенасыщенных коллекторов КТ-I, КТ-II 65%, водонасыщенных 65-55%. При заданных условиях выделено 4 пласта-коллектора КТ-I общей мощностью 25,9 м. (таб. 3).

КТ-II в основном известняки с весьма незначительной глинистостью. Граничное значение пористости при выделении пластов-коллекторов 6%, проницаемости - 0.1 миллидарси. Выделено 4 пласта-коллектора общей мощностью 8,9 м. (таб. 4).

Удельное сопротивление фильтрата раствора-0,036омм. при 69°C, сопротивление пластовых вод 0,044-0,048 ом.м в пластовых условиях.

Ниже представлена гистограмма сопротивлений зондов большого и малого диаметра исследований выделенных коллекторов КТ-I. (Гистограмма 1) [2 с. 51].



*Рисунок 1. Удельного сопротивления КТ-I*

Таблица 3.

## Геолого-геофизическая характеристика пластов-коллекторов КТ-I

№	интервал м		Мощ- ность м	проницае- мость мд	пористость %	нефте насыще- н %	глинистость %	вывод интерпретаци н
1	XX21,9	- XX33,7	11,8	20,7	13,2	95,7	2,8	продуктивный
2	XX45,0	- XX48,3	3,3	3,3	10,0	90,4	3,1	продуктивный
3	XX49,8	- XX52,9	3,1	0,7	7,1	72,0	2,6	продуктивный

Таблица 4.

## Геолого-геофизическая характеристика пластов-коллекторов КТ-II

№	интервал м		Мощ- ность м	проницае- мость мд	пористость %	нефте насыщен %	глинис- тость %	вывод интерпретации
5	XX43,8	- XX45,1	1,3	0,10	7,3	65,9	4,8	слабопродуктивный
6	XX51,7	- XX52,9	1,2	0,04	6,5	65,5	5,1	слабопродуктивный
7	XX66,7	- XX67,8	1,1	0,07	7,0	49,5	4,1	вода с остаточной нефтью
8	XX70,6	- XX75,9	5,3	0,06	6,6	39,4	5,3	вода с остаточной нефтью

Д. Выводы.

В КТ-I выделенные пласты-коллекторы представлены известняками доломитистыми, доломитами известковистыми с подчиненным количеством глинистых разностей. В результате обработки выявлено 4 пласта-коллектора общей мощностью 25,9 м. Коллекторы №1-4 продуктивные.

В КТ-II выделенные пласты-коллекторы представлены известняками с весьма низким содержанием глин. В результате обработки выявлено 4 пласта-коллектора, общая мощность – 8,9 м. Коллекторы №5,6 определены как слабопродуктивные, общая мощность 2,5 м. Коллекторы №7,8 насыщены водой с остаточной нефтью – 6,4 м.

## **Список литературы:**

1. Ежова А.В. Геологическая интерпретация геофизических данных: учебное пособие. 3-е изд. Томск. Изд-во Томского политехнического университета. 2012.- 116 с.
2. Дьяков Д.И., Леонтьев Е.И., Кузнецов Г.С. Общий курс геофизических исследований скважин. М., «Недра», 1977, 432 с.
3. В.К. Хмелевской, В.И. Костицын. Основы геофизических методов: учебник для вузов. Перм. ун-т. – Пермь, 2010. – 400 с.
4. Иванова М.М., Дементьев Л.Ф., Чоловский И.П. Нефтегазопромысловая геология и геологические основы разработки месторождений нефти и газа: Учебник для вузов. - Стереотипное издание. Перепечатка с издания 1985 г. - М.: Альянс, 2014. – 422 с.

## **КОЛЕБАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ИХ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ**

***Голубев Данил Сергеевич***

*студент,  
Карагандинский технический университет,  
Республика Казахстан, г. Караганда*

***Дюсембаев Акназар Заренулы***

*студент,  
Карагандинский технический университет,  
Республика Казахстан, г. Караганда*

***Исабекова Анель Саттаровна***

*студент,  
Карагандинский технический университет,  
Республика Казахстан, г. Караганда*

***Кадышева Камила Кайратовна***

*студент,  
Карагандинский технический университет,  
Республика Казахстан, г. Караганда*

***Абаева Нелла Фуатовна***

*научный руководитель,  
канд. пед. наук, и.о. доцента кафедры высшей математики,  
Карагандинский технический университет,  
Республика Казахстан, г. Караганда*

Низкочастотные колебания мощности являются одной из основных проблем надежности и функционирования энергосистем во всем мире. Это связано с тем, что наличие таких колебаний может значительно снизить допустимые перетоки мощности в системе и, как следствие, ухудшить экономику при обеспечении необходимого уровня надежности. Колебания естественны для каждой энергосистемы и возникают вследствие малых изменений нагрузки в системе и возмущений, таких как отключения генераторов или линий. В целях повышения управляемости энергосистем внедряется новое оборудование, оснащенное современными быстродействующими устройствами регулирования: асинхронизированные синхронные генераторы, накопители энергии и др. В результате энергосистема приобретает новые свойства, в том числе и некоторые негативные,

проявляющиеся, в частности, в возникновении низкочастотных колебаний ее режимных параметров. Влияние изменения нагрузки, составляющего небольшую долю от потока мощности, может оказаться неодинаковым для устойчивых колебаний, которые являются приемлемыми, и неустойчивых колебаний, развитие которых может привести к системной аварии. Увеличение передачи мощности на большие расстояния ведет к тому, что межзональные колебания становятся слабозатухающими или даже опасными. Уровень затухания колебаний в энергосистеме обычно зависит от активного управления при помощи системных регуляторов, установленных у генераторов, и может существенно меняться в зависимости от текущих характеристик генератора и нагрузки. При анализе результатов измерений затухания часто выявляются периоды, в течение которых затухание колебаний является слабым. Слабое затухание означает, что система может оказаться ненадежной, так как нет уверенности в том, что динамический отклик на последующие события будет устойчивым. Такую ситуацию нельзя точно отобразить в рамках динамической модели системы. Поэтому контроль затухания на основе измерений важен для предотвращения потенциальных угроз надежности, прежде чем они будут способствовать развитию крупного возмущения.

Пример. Рассмотрим свободные колебания, пусть дано  $y'' + py' + qy = 0$ .

Напишем соответствующее характеристическое уравнение и найдем его корни:

$$k_1 = -\frac{p}{2} + \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}; \quad k_2 = -\frac{p}{2} - \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}.$$

1) Пусть  $\frac{p^2}{4} > q$ . Тогда корни  $k_1$  и  $k_2$  - действительные отрицательные числа. Общее решение выражается через показательные функции:

$$y = C_1 e^{k_1 t} + C_2 e^{k_2 t} \quad (k_1 < 0, k_2 < 0,). \quad (1)$$

Из этой формулы следует, что отклонение  $y$  при любых начальных условиях асимптотически стремится к нулю, если  $t \rightarrow \infty$ . В данном случае колебаний не будет, так как силы сопротивления велики по сравнению с коэффициентом жесткости рессоры  $k$ .

2) Пусть  $\frac{p^2}{4} = q$ ; тогда корни  $k_1$  и  $k_2$  равны между собой (и равны отрицательному числу  $-\frac{p}{2}$ ). Поэтому общее решение будет:

$$y = C_1 e^{-\frac{p}{2}t} + C_2 t e^{-\frac{p}{2}t} = (C_1 + C_2 t) e^{-\frac{p}{2}t}. \quad (2)$$

Здесь отклонение также стремится к нулю при  $t \rightarrow \infty$ , однако не так быстро, как предыдущем случае (благодаря наличию сомножителя  $C_1 + C_2 t$ ).

3) Пусть  $p=0$ , т.е. отсутствует сила сопротивления. Характеристическое уравнение имеет вид:  $k^2 + q = 0$ , а его корни равны  $k_1 = \beta i$ ;  $k_2 = -\beta i$ , где  $\beta = \sqrt{q}$ . общее решение:

$$y = C_1 \cos \beta t + C_2 \sin \beta t. \quad (3)$$

В последней формуле произвольные постоянные  $C_1$  и  $C_2$  заменим другими. Именно, введем постоянные  $A$  и  $\varphi_0$  связанные с  $C_1$  и  $C_2$  соотношениями:

$$C_1 = A \sin \varphi_0, C_2 = A \cos \varphi_0.$$

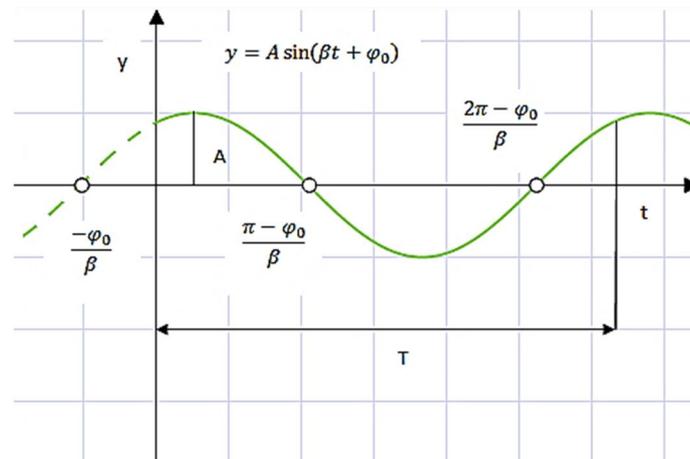
$A$  и  $\varphi_0$  через  $C_1$  и  $C_2$  определяются так:

$$A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}, \varphi_0 = \arctg \frac{C_1}{C_2}.$$

Подставляя значения  $C_1$  и  $C_2$  в формулу (3), будем иметь:

$$y = A \sin \varphi_0 \cos \beta t + A \cos \varphi_0 \sin \beta t \text{ или } y = A \sin(\beta t + \varphi_0) \quad (3')$$

Колебания в этом случае называются гармоническими. Интегральными кривыми являются синусоиды. Промежуток времени  $T$ , за который аргумент синуса изменяется на  $2\pi$ , называется периодом колебаний; в данном случае  $T = \frac{2\pi}{\beta}$ . Частотой колебания называется число колебаний за время  $2\pi$ ; в данном случае частота равна  $\beta$ ;  $A$  - величина наибольшего отклонения от положения равновесия называется амплитудой колебания;  $\varphi_0$  называется начальной фазой. График функции (3') на рисунке 1.



**Рисунок 1. График гармонических колебаний**

4) Пусть  $p \neq 0$  и  $\frac{p^2}{4} < q$ . В этом случае корни характеристического уравнения - комплексные числа:

$$k_1 = \alpha + i\beta, k_2 = \alpha - i\beta, \text{ где } \alpha = -\frac{p}{2} < 0, \beta = \sqrt{q - \frac{p^2}{4}}.$$

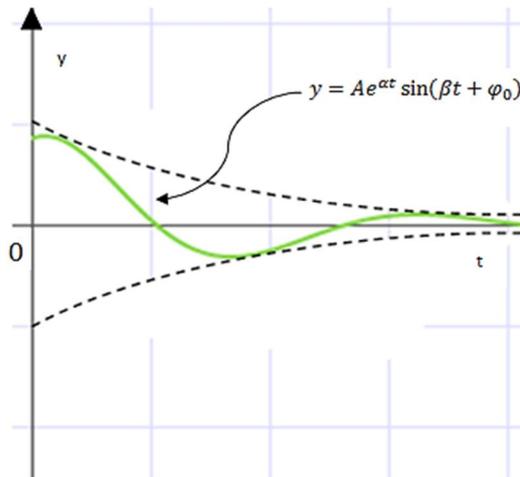
Общий интеграл имеет вид

$$y = e^{\alpha t} (C_1 \cos \beta t + C_2 \sin \beta t) \quad (4)$$

или

$$y = A e^{\alpha t} \sin(\beta t + \varphi_0) \quad (4')$$

Здесь в качестве амплитуды приходится рассматривать величину  $Ae^{\alpha t}$ , зависящую от времени. Так как  $\alpha < 0$ , то она стремится к нулю при  $t \rightarrow \infty$ , т.е. здесь мы имеем дело с *затухающими колебаниями*. График затухающих колебаний изображен на рисунке 2.



**Рисунок 2. График затухающих колебаний**

Условия возникновения свободных колебаний можно проследить на примере пружинного маятника. Такой маятник представляет собой груз, подвешенный на пружине.

В положении равновесия пружина немного растянута, компенсируя вес груза (либо не имеет растяжения, если маятник горизонтален). При выведении из положения равновесия, в пружине возникает сила, тем большая, чем сильнее отклонение, и груз начнет движение.

Однако, в момент достижения точки равновесия, груз будет иметь некоторую скорость и кинетическую энергию. Остановиться здесь он не сможет. Он продолжит движение дальше, замедляясь и создавая в пружине новое напряжение, направленное в сторону, противоположную отклонению. В момент, когда он остановится – пружина вновь будет сжата, и снова начнет толкать груз к положению равновесия.

Таким образом, мы видим три условия, необходимых для возникновения свободных колебаний:

- система должна быть выведена из равновесия;
- при отклонениях должна возникать сила, стремящаяся вернуть систему в равновесие;
- положение равновесия должно быть единственным.

Есть еще одно, менее очевидное условие. Если пружинный маятник окажется в сильновязкой жидкости, то даже если вывести его из положения равновесия, груз медленно вернется в равновесие, и колебания не возникнут. Причина в том, что энергия сжатой пружины будет истрачена не на разгон груза, а на преодоление сопротивления вязкой жидкости.

Таким образом, последнее условие возникновения свободных колебаний – потери в системе должны быть достаточно малы, чтобы энергия, возвращающая систему в положение равновесия, терялась медленно. Примерами свободных колебаний является не только пружинный маятник, но и обычный маятник (качели), часовой баланси́р, натянутая звенящая струна, прыгающий мяч и многое другое.

### **Список литературы:**

1. Электрические системы. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 1998. –510 с.
2. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

## ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

**Макаров Павел Сергеевич**

*студент,  
Томский политехнический университет,  
РФ, г. Томск*

**Ташлыков Александр Анатольевич**

*научный руководитель,  
Томский политехнический университет,  
РФ, г. Томск*

## IMPROVING THE OPERATION SAFETY OF THE GAS PUMPING UNIT

**Pavel Makarov**

*Student,  
National Research Tomsk Polytechnic University,  
Russia, Tomsk*

**Alexander Tashlykov**

*Scientific director,  
Tomsk Polytechnic University,  
Russia, Tomsk*

**Аннотация.** В данной статье исследованы и проанализированы различные методы повышения безопасности на опасном производственном объекте, позволяющие предостеречь, научить предотвращать получения травм на производстве. Совершенствование информационного обеспечения должно основываться на введении блока, основанного на мнениях персонала предприятия, который может служить индикатором соответствия необходимости и достаточности мер по обеспечению производственной безопасности.

**Abstract.** In this article, various methods of improving safety at a hazardous production facility are investigated and analyzed, allowing to warn, prevent injury at work. The improvement of information support should be based on the introduction of a unit based on the views of the personnel of the enterprise, which can serve as an indicator of the conformity of the need and sufficiency of measures to ensure industrial safety.

**Ключевые слова:** безопасность, классификация, инструктаж, повышение безопасности, газоперекачивающий агрегат.

**Keyword:** safety, classification, instruction, safety enhancement, gas pumping unit.

В настоящее время многие предприятия уделяют большое внимание на повышение безопасности труда, а также классификацию сотрудников эксплуатирующих энергетическое оборудование.

Повышение безопасности и классификации трудящихся, ведет к тому что, помогает минимизировать расходы, повысить работоспособность и ресурсо- и энерго- эффективность. Системы транспорта природного газа, газокomppressorные станции, магистральные газопроводы, являются опасными производственными объектами.

Объектами, на которые действует риск негативного влияния эксплуатации газоперекачивающих систем, являются рабочий персонал, местные жители, а также окружающая среда.

Основные опасные и вредные производственные факторы:

- давление газа в действующих коммуникациях;
- разрушение трубопровода;
- возгорание при разрушении трубопровода;
- появление в рабочей зоне открытого огня;
- термическое воздействие пожара;
- взрыв газовоздушной смеси;
- повышенный уровень шума и вибраций;
- появление вредных веществ в рабочей зоне.

Для предотвращения воздействия этих факторов необходимо предусматривать различные меры по повышению безопасной эксплуатации газоперекачивающего агрегата[1].

Основные методы повышения безопасности:

- Неукоснительное соблюдение персоналом инструкций по охране труда и правил техники безопасности;

- Регулярное проведение занятий и тренировок с периодическим контролем знаний требований инструкции по охране труда и правил техники безопасности;
- Содержание зданий станций в состоянии, удовлетворяющим требованиям СНИП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» [2].

Неукоснительное соблюдение персоналом инструкций по охране труда и правил техники безопасности:

В большинстве аварийных ситуациях причиной аварии является человеческая халатность. Правила охраны труда, предусмотренные на компрессорной станции, подразумевают:

- применение средств индивидуальной защиты;
- проведение аварийных работ;
- планово-предупредительных ремонтов в соответствии с нарядом допуском и в присутствии ответственного за проведение этих работ.

Не соблюдение этих правил приводит к возникновению травм, аварийных ситуаций, а также чрезвычайных ситуаций.

### **Регулярное проведение занятий и тренировок с периодическим контролем знаний требований инструкции по охране труда и правил техники безопасности**

Для обеспечения соблюдения требований по охране труда, описанных выше, со всеми вновь принимаемыми на работу независимо от их образования, стажа работы по профессии или должности, а так же с действующим персоналом проводятся инструктажи по безопасности труда, тренировки действий в аварийных ситуациях и т. д.

Имеются основные типы инструктажей:

Вводный инструктаж – инструктаж проводится при поступлении на работу службой охраны труда. Цель этого инструктажа – ознакомление с общими правилами и требованиями охраны труда на предприятии;

Первичный инструктаж – проводится для всех принятых на предприятие сотрудников перед допуском к работе, а также при переводе из одного

подразделения в другое. Цель инструктажа изучение требований и правил обеспечения безопасности при работе на конкретном оборудовании;

Повторный инструктаж – проводится не реже 1 раза в полгода, а для работ повышенной опасности – 1 раза в квартал. Цель – восстановление в памяти работника правил охраны труда, разбор имеющихся место нарушений требований безопасности;

Внеплановый инструктаж проводится при:

- введений в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкции по охране труда;
- изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособления и инструмента;
- при перерывах в работе для работ, к которым предъявляется повышенные требования безопасности, более чем на 30 календарных дней, для остальных 60 дней;
- по требования органов надзора.

Целевой инструктаж проводится при:

- разовых работах, не связанных с прямыми обязанностями по специальности;
- ликвидации аварий, катастроф, стихийных бедствий;
- работ, на которые оформляется наряд – допуск;
- проведение экскурсий на предприятии, организация массовых мероприятий с учащимися.

Результаты инструктажа проверяются устным опросом, тестированием в специальной электронной системе имеющей базу вопросов, а также проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы.

### **Содержание зданий станций в состоянии, удовлетворяющим требованиям СниП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»**

Пожарная безопасность станций обеспечивается подбором и компоновкой огнестойких строительных конструкций, и применением системы пожаротушения. Залог быстрой локализации и ликвидации пожара в его начальной стадии

заключается в имеющихся средствах пожаротушения, умении персонала пользоваться ими, а также средствами пожарной сигнализации. Для обнаружения природного газа применяется периодический контроль загазованности рабочей зоны по средствам установки стационарных газоанализаторов, а так же периодический обход персоналом мест потенциального возникновения утечек с применением переносных газоанализаторов. При обнаружении загазованности система анализа воздуха, автоматически включает аварийную систему вентиляции. Одновременно подается звуковой и световой сигнал о наличие утечки метана, происходит аварийный останов агрегата [2].

### **Список литературы:**

1. СТО ГАЗПРОМ 18000.1-001-2014. «Единая система управления охраной труда и промышленной безопасностью в ПАО „Газпром”. Основные положения // Челябинск: Центр безопасности труда. – 2006. – 454 с.
2. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений/ URL: <https://47.mchs.gov.ru/deyatelnost/stranicy-s-glavnoy/zakonodatelstvo/normativno-pravovye-dokumenty-po-pozharnoy-bezopasnosti/snip-21-01-97-pozharnaya-bezopasnost-zdaniy-i-sooruzheniy/>, Яз.рус.
3. ПАО Газпром [Электронный ресурс]/ URL: <https://www.gazprom.ru/about/production/ngv-fuel/>, Яз. рус.
4. ФЗ №116 О промышленной безопасности опасных производственных объектов (с изменениями на 29 июля 2018 года) от 21.07.97, URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046058>.
5. ПАО Газпром [Электронный ресурс]/ URL: [https://www.gazprom.ru/f/posts/85/227737/gazprom\\_annual\\_report\\_2017\\_rus.pdf](https://www.gazprom.ru/f/posts/85/227737/gazprom_annual_report_2017_rus.pdf), Яз. рус.
6. ПАО Газпром [Электронный ресурс]/ URL: <https://ukhta-tr.gazprom.ru/press/news/2018/01/603/>, Яз. рус.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЁМНО-ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ЗОНДИРОВАНИЯ ЛУННОГО ГРУНТА

*Семёнов Дмитрий Александрович*

*Фрязинский филиал Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Институт радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова  
Российской академии наук, г. Фрязино,  
Акционерное общество «ЭМИКОН»  
РФ, г. Королев*

*Дубовой Александр Николаевич*

*научный руководитель,  
Фрязинский филиал Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Институт радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова  
Российской академии наук, г. Фрязино,*

**Аннотация.** В статье приводятся программа и результаты испытаний разработанного приёмно-передающего модуля для радиолокационного зондирования лунного грунта.

В результате выполнения этапа экспериментальных исследований получены следующие основные результаты.

Макет приёмно-передающего модуля соответствует техническим требованиям и обеспечивает:

- прием радиосигналов в диапазоне частот 1200-1400 МГц по восьми каналам с независимой регулировкой их фазы в диапазоне не менее  $355^\circ$  с шагом не более  $5,625^\circ$  и амплитуды в диапазоне не менее 28 дБ с шагом не более 1 дБ;
- излучение радиосигналов по восьми каналам с импульсной мощностью не менее 1,5 Вт с независимой регулировкой их фазы в диапазоне не менее  $355^\circ$  с шагом не более  $5,625^\circ$  и амплитуды в диапазоне не менее 28 дБ с шагом не более 1 дБ.

Экспериментальные данные показывают, что коэффициент стоячей волны по напряжению в пределах рабочего диапазона частот не превышает 1,5. Ширина диаграммы направленности по уровню половинной мощности равна  $23^\circ$ . КПД приемно-передающего модуля в режиме передачи составляет 22,8%.

**Ключевые слова:** Диапазон частот, излучатель, импульсная мощность, коэффициент передачи, коэффициент стоячей волны, масса, диапазон регулировки фазы, фаза, шаг регулировки.

**Введение.** Метод радиолокации позволяет проводить исследование грунта, различных сред. Радиолокационный метод исследования грунта достаточно апробирован в условиях Земли, что позволяет применять его и при исследовании лунного грунта. В условиях Луны в связи с отсутствием атмосферы возможно использование коротковолнового диапазона с меньшим ослаблением радиолокационного сигнала.

Важными характеристиками радиолокационного комплекса для сканирования лунного грунта являются повышенная скорость сканирования и высокий уровень разрешения. Активная фазированная антенная решётка характеризуется узким лучом диаграммы направленности, возможностью оперативного изменения алгоритма сканирования. Эти характеристики обеспечивают её преимущество перед другими антенными системами в целях зондирования лунного грунта с радиолокационного комплекса в активном режиме. Активная фазированная антенная решётка позволяет быстро «качать» сканирующий луч, что повышает точность результатов сканирования. Активную фазированную антенную решётку, излучающую на частоте приблизительно 20 МГц можно использовать для зондирования лунного грунта на глубину до 100 км, а активную фазированную антенную решётку, излучающую на частоте более 1000 МГц можно использовать для зондирования лунного грунта на глубину до 10 метров, но с высоким разрешением, что позволяет использовать 3D-георадар для получения наглядных визуальных результатов неглубоких подповерхностных слоёв лунного грунта.

## **1. Общие характеристики приёмно-передающего модуля на основе активной фазированной антенной решётки**

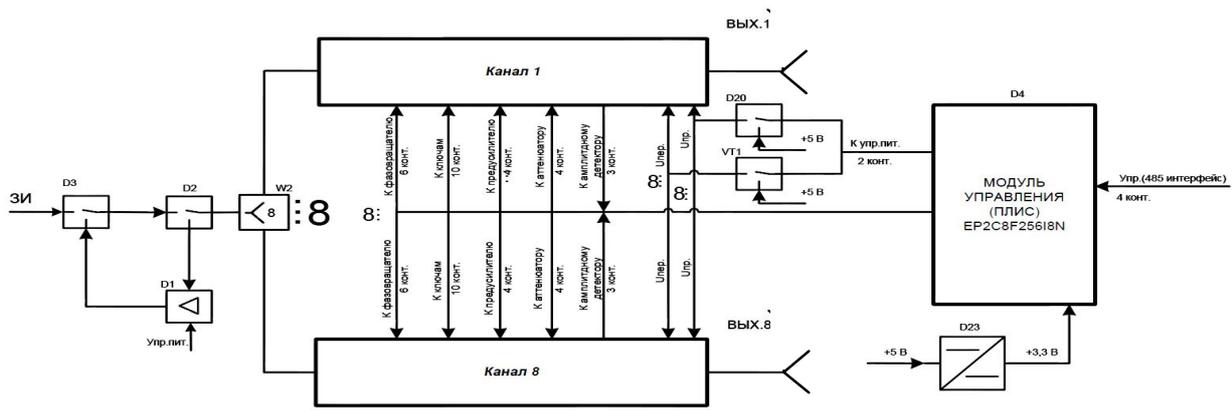
В радиолокационном комплексе для зондирования лунного грунта в активном режиме используется активная фазированная антенная решётка [1]. Это позволяет снизить массогабаритные характеристики радиолокационного комплекса, что важно при установке оборудования на перелётном космическом модуле.

Макет приёмно-передающего модуля (далее ППМ) представляет 8-элементную подрешетку активной фазированной антенной решётки. Он обеспечивает передачу и приём сигналов с независимым усилением, управлением амплитудой и фазой СВЧ сигнала в каждом из 8 каналов. Структурная схема устройства приёмно-передающего модуля представлена на рис. 1.

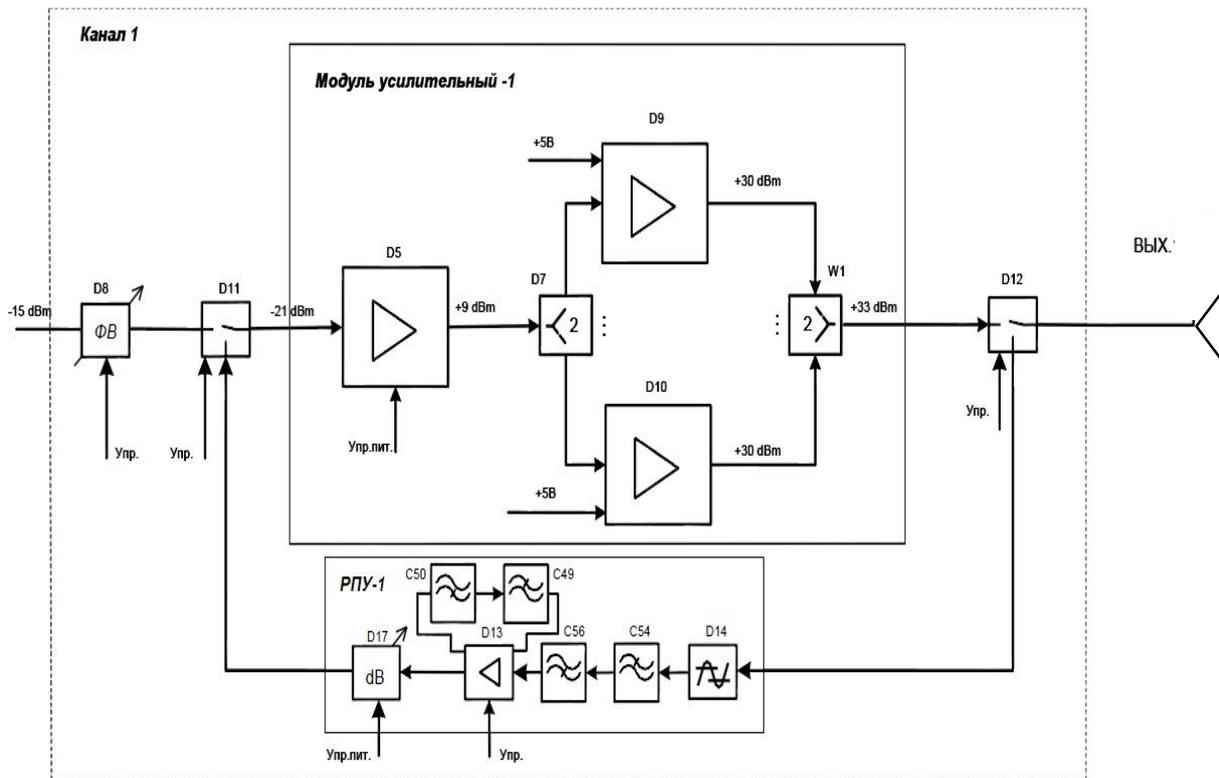
На рис. 2. представлена структурная схема одного канала ППМ\*. Макет ППМ включает 8 приёмно-передающих каналов. Передающая часть включает твердотельный усилитель мощности. Усиление управляется дискретно. Сигнал, поступающий на ППМ с передатчика делится с помощью делителя мощности на 8, после чего поступает на входы передающих частей каналов ППМ. Сигнал в каждом канале регулируется по фазе, амплитуде, для чего используются фазовращатель, управляемый усилитель. Приёмная часть канала включает ограничитель, фильтры, МШУ и аттенюатор. Принимаемый сигнал фильтруется, усиливается, регулируется по амплитуде и фазе с помощью дискретных аттенюатора и фазовращателя, суммированию с выходов всех каналов. Передающая и приёмная часть канала объединяются по входам и выходам посредством коммутаторов. Фаза сигнала в режимах передачи и приёма регулируется одним фазовращателем. Несущий элемент конструкции ППМ - экранирующая панель, изготавливаемая из стеклотекстолита FR4 толщиной 0,4 мм. Производство такой платы можно осуществлять печатным способом, что снижает стоимость приёмно-передающего модуля [2]. На неё с одной стороны установлены излучатели, а с другой – устройство приёмно-передающее.

---

\*ППМ – приёмно-передающий модуль



**Рисунок 1. Структурная схема устройства приёмно-передающего**



**Рисунок 2. Структурная схема одного канала ППМ**

Излучатели изготавливаются по 4 на одной стеклотекстолитовой печатной плате толщиной 0,8 мм. С целью повышения жесткости подрешётки по периметру плат излучателей и экранирующей панели установлены рамки из FR4 толщиной 0,7 мм, а платы излучателей скрепляются между собой капролоновыми

профилями. Для понижения массы в платах излучателей делаются окна. Размеры макета ППМ с излучателями: 490x175x90 мм.

Габаритные размеры макета ППМ с излучателями составляют 490x175x90 мм. Масса ППМ составляет 450 г.

Разработанная активная фазирующая восьмиканальная антенная решётка цилиндрической формы для использования в активном режиме зондирования лунного грунта позволяет снизить в разы массогабаритные параметры РЛК, для повышения эффективности заполнения пространства, устанавливаемого на перелётном модуле при работе в активном режиме.

## **2. Методики измерения параметров**

Целью проведенных экспериментальных исследований ППМ являлась оценка отдельных электрических характеристик ППМ в режиме приёма и передачи для уточнения характеристик АФАР РЛС. При подготовке экспериментальных исследований макета ППМ (АФАР) разработаны схемы измерений (выходной мощности ППМ, регулировки фазы в режиме передачи и приёма), стендовое оборудование, на котором были осуществлены экспериментальные измерения параметров ППМ.

Для проведения экспериментальных исследований макета ППМ были разработаны методики и схемы измерений, стендовое оборудование. В рамках программы экспериментальных исследований проверялись следующие параметры:

- выходная импульсная мощность одного канала ППМ в режиме диапазон регулировки коэффициента передачи каналов модуля в режиме передачи;
- диапазон регулировки фазы в режиме передачи;
- диапазон регулировки фазы в режиме приёма;
- диапазон регулировки коэффициента передачи в режиме приёма;
- массы ППМ.

Импульсная выходная мощность в режиме передачи измерялась посредством подачи на ППМ импульсного сигнала и измерения мощности на выходах каналов. Использовался измеритель мощности радиосигнала ImmersionRC и 30dB

аттенюатор (35Mhz-5.8Ghz). Схема измерений параметров ППМ представлена на рис. 5.

Диапазон регулировки коэффициента передачи измерялся также посредством подачи на вход ППМ импульсного сигнала и последующего измерения диапазона изменений мощности на выходе каналов ППМ при регулировке значения затухания аттенюаторов каналов ППМ.

Диапазон регулировки фазы в режиме передачи измерялся посредством подачи на вход ППМ импульсного сигнала. При этом на выходе каналов ППМ измерялись изменения его фазы. Регулировка значения сдвига фаз осуществлялась в каналах фазовращателей. В режиме приёма величина диапазона регулировки фазы осуществлялась аналогично режиму передачи, но сигнал подавался на антенные входы каналов ППМ.

Диапазон регулировки коэффициента передачи в режиме приёма осуществлялся посредством подачи на антенные входы ППМ сигнала. Изменялся диапазон изменения его мощности на выходе ППМ при регулировке значения затухания аттенюаторов каналов ППМ.

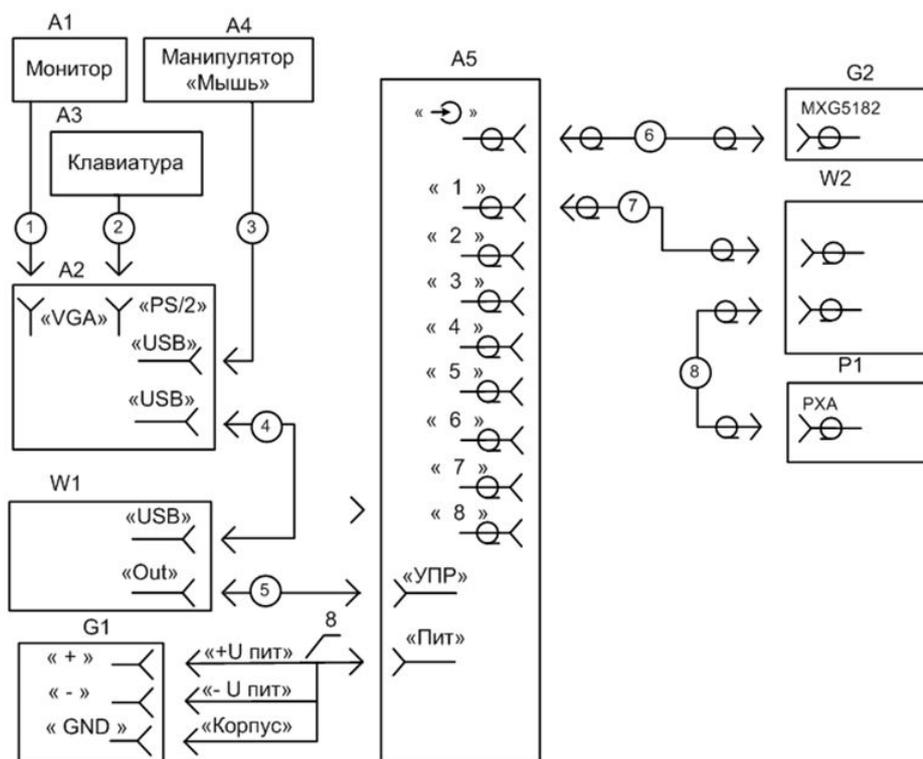
Масса ППМ определялась взвешиванием собранного макета на весах.

Диаграмма направленности измерялась в режиме приёма посредством подачи на измерительную антенну сигнала, который принимался антенными элементами ППМ. Уровень сигнала на выходе измерялся при вращении ППМ на ОПУ\* по азимуту в пределах от минус 90° до 90°.

На рис. 5. представлена структурная схема для измерений параметров ППМ

---

\*Опорно-поворотное устройство



*A1 – монитор;*

*A2 – системный блок;*

*A3 – клавиатура;*

*A4 – манипулятор «Мышь»;*

*A5 – макет ППМ;*

*G1 – источник питания НУ30001Е;*

*G2 – генератор MXG5182;*

*P1 – анализатор PXA;*

*W1 – контроллер STM32F4;*

*W2 – аттенюатор;*

*1,2,3,4 – кабели из состава ПЭВМ;*

*5 – из состава контроллера STM32F4;*

*6 – кабель из состава генератора G2;*

*7,8 – кабель из состава анализатора P1;*

*9 – жгут питания.*

На рис. 6. представлен внешний вид рабочего места для измерений параметров ППМ



**Рисунок 6. Внешний вид рабочего места для измерений параметров ППМ**

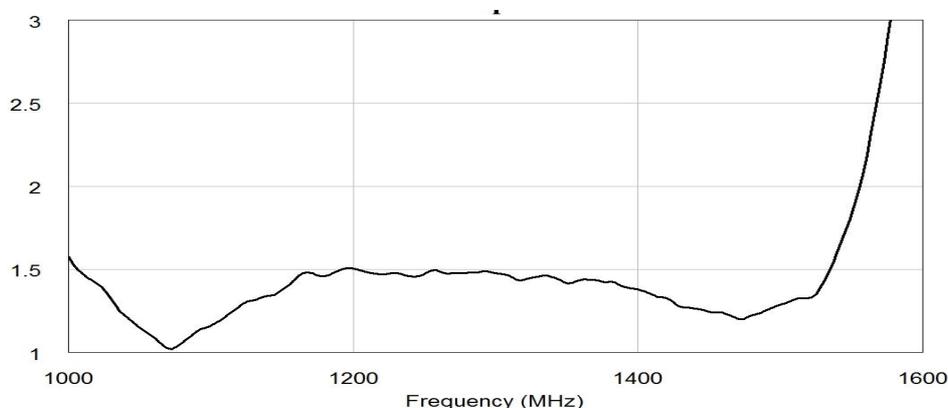
### 3. Результаты испытаний приёмно-передающего модуля

Дополнительно измерялись диаграмма направленности, КСВН\* излучателя в составе подрешётки, потребление энергии модулем [3].

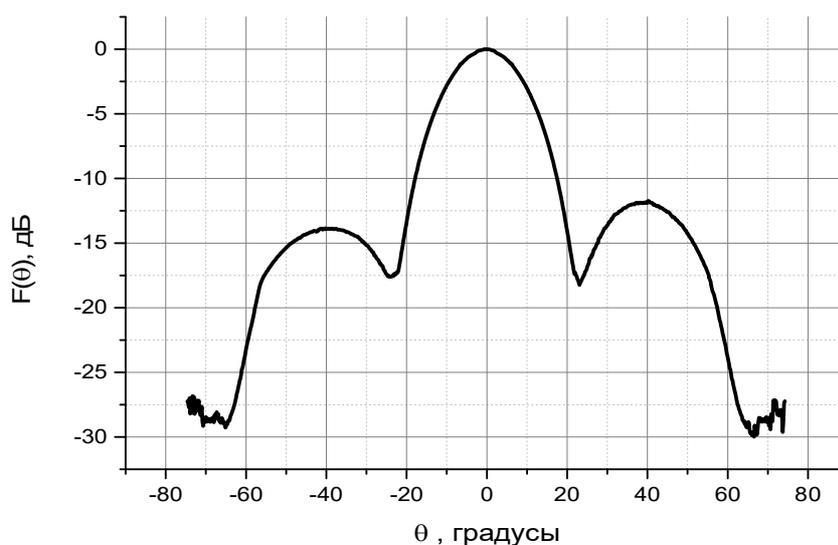
На рис. 8. приведена частотная зависимость КСВН одного из излучателей, при этом все остальные были нагружены на согласованные нагрузки.

КСВН по всему диапазону не превышает 1,5, что свидетельствует о низком уровне ослабления сигнала в излучателе.

Диаграмма направленности в режиме приёма при направлении максимума  $0^\circ$  и  $33^\circ$  относительно нормали к плоскости экрана приведена на рис. 9а и 9б.



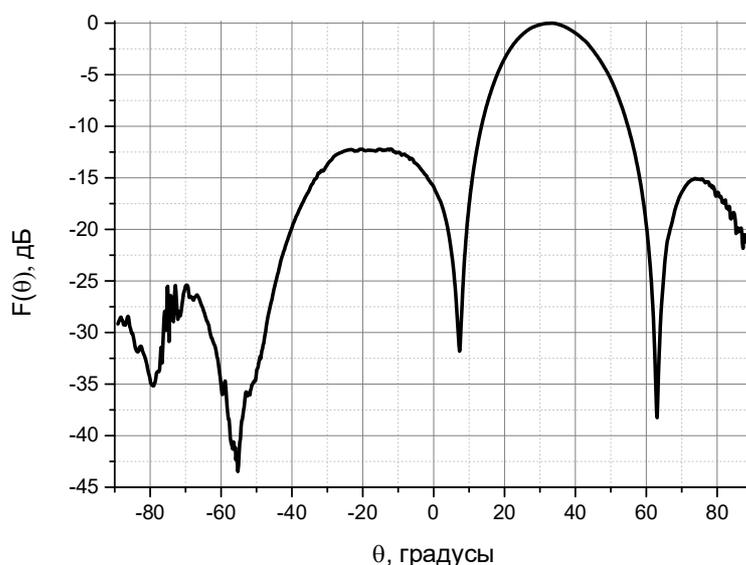
**Рисунок 8. График зависимости КСВН излучателя от частоты**



**Рисунок 9а. Диаграмма направленности макета ППМ в направлении  $0^\circ$**

---

\* Коэффициент стоячей волны по напряжению



**Рисунок 9б. Диаграмма направленности макета ППМ в направлении 33°**

Ширина диаграммы направленности по половинчатой мощности без отклонения максимума равна 23°. Это соответствует предварительным расчётам. Оценка КПД ППМ в режиме передачи составила 22,8%.

Проведённые экспериментальные исследования разработанного приёмно-передающего модуля РЛК для зондирования лунного грунта соответствует разработанным техническим требованиям и обеспечивает:

- приём радиосигналов в диапазоне частот 1200-1400 МГц по восьми каналам с независимой регулировкой их фазы в диапазоне не менее 355° с шагом не более 5,625° и амплитуды в диапазоне не менее 28 дБ с шагом не более 1 дБ;
- излучение радиосигналов по 8 каналам с импульсной мощностью не менее 1,5 Вт с независимой регулировкой их фазы в диапазоне не менее 355° с шагом не более 5,625° и амплитуды в диапазоне не менее 28 дБ с шагом не более 1 дБ.
  - КСВН излучателя в пределах рабочего диапазона частот не превышает 1,5.
  - ширина ДН\* по уровню половинной мощности - 23°;
  - КПД ППМ в режиме передачи - 22,8%.

**Заключение.** Результаты измерений массы показывают, что макет ППМ АФАР обеспечивает пространственное сканирование лунного грунта

---

\*Диаграмма направленности

посредством создания узкой диаграммы направленности и её сканирования в пространстве. Она обеспечивает зондирование лунного грунта с высот от 100 км до 150 км и на второй круговой орбите ИСЛ при дальности до 700 км с наименьшим разрешением. Реализация антенной системы на базе обеспечивает формирование расчетного значения формы диаграммы направленности (далее ДН) и высокую гибкость работы РЛС за счет возможности электронного сканирования ДН по заданному алгоритму. Массогабаритные параметры позволяют разместить ППМ на перелётном модуле.

### **Список литературы:**

1. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решёток. Учебное пособие / Под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиоисвязь, 1994.
2. Чернушенко А.М., Петров Б.В., Малорацкий Л.Г. и др. Конструирование экранов и СВЧ-устройств. М.: Радио и связь. 1990.
3. Воскресенский Д.И., Канащенков А.И. Активные фазированные антенные решетки. – М. Радиотехника, 2004.

## РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ФИБРОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

*Титов Владимир Юрьевич*

*магистрант,*

*Орловский государственный университет*

*имени И.С. Тургенева,*

*РФ, г. Орёл*

**Аннотация.** Рассматриваются методы расчета различных сечений фибро-железобетонных балок. Также приводятся результаты сравнения экспериментальных и теоретических данных.

**Ключевые слова:** фиброжелезобетон, прочность, деформативность, трещи-ностойкость, изгиб.

Сталефибробетон (далее фибробетон) обладает повышенными растяжи-мостью и сжимаемостью, обусловленными специфической работой фибры в сечении после образования трещины. Фибровое армирование изменяет характер разрушения материала, придавая ему вязкость, что можно считать одним из конструктивных мероприятий по защите от прогрессирующего разрушения. Повышенные трещиностойкость и растяжимость фибробетона, а также особен-ности трещинообразования, характеризуемые возникновением большого коли-чества трещин малой ширины раскрытия при восприятии растягивающих усилий, способствуют формированию «благоприятной среды» для использования высокопрочной арматуры без предварительного напряжения. Известно, что упрочнение бетонной матрицы посредством фибрового армирования позволяет избежать чрезмерных прогибов и раскрытия трещин при эксплуатационном уровне нагрузки, а также реализовать прочностные свойства высокопрочной арматурной стали в стадии разрушения в фиброжелезобетонных элементах. Рост прочности арматуры с увеличением класса значительно снижает ее относи-тельную стоимость, что дает определенный экономический эффект. Ввиду разнообразия конструктивных форм и условий эксплуатации современных

зданий и сооружений на сегодняшний день встречается все больше конструктивных элементов, работающих в условиях сложного напряженно-деформированного состояния, в частности, косоугольного изгиба. Косому изгибу подвержены крайние сборные железобетонные прогоны, бортовые элементы оболочек, подкрановые балки, горизонтальные элементы фахверков наружных стен каркасных зданий, фундаментные и обвязочные балки, стеновые панели и пр. Неучет косых воздействий может привести к переоценке несущей способности и, как следствие, к преждевременному разрушению косоизгибаемого элемента. В действующих в нашей стране нормативных документах, устанавливающих требования к проектированию сталефибробетонных конструкций СП 360.1325800.2017, отсутствует практический метод расчета косоизгибаемых элементов, что делает тему исследования исключительно актуальной.

Теоретические выводы по расчету косоизгибаемых железобетонных элементов С.И. Глазер сравнивает с экспериментальными исследованиями других авторов, среднее арифметическое расхождение составило в пределах от  $-2,5$  до  $+6,03\%$ . Методы расчета по прочности косоизгибаемых железобетонных элементов, предложенные М.С. Торяником и С.И. Глазером достаточно просты для вычислений «вручную», поскольку сводятся к нахождению одной неизвестной – размера сжатой зоны вдоль высоты поперечного сечения  $\xi l_h$  (или  $\eta l_h$ ), а далее несущая способность определяется по известным зависимостям. В статье А.С. Залесовым и И.К. Никитиным изложен метод расчета по прочности косоизгибаемых железобетонных элементов, основанный на уравнениях равновесия и условии параллельности плоскостей действия внешних и внутренних моментов. Однако данный подход предполагал симметричное армирование поперечного сечения косоизгибаемого элемента. В дальнейшем, основываясь на тех же зависимостях, И.К. Никитиным был предложен практический метод расчета по прочности косоизгибаемых железобетонных элементов, учитывающий несимметричное расположение растянутой арматуры, изложенный так же в пособии к СП 63.13330.2012. Данный метод рассматривает только одно положение нейтральной оси, при котором плечо внутренней пары сил будет минимальным,

следовательно, для прямоугольного поперечного сечения косоизгибаемого железобетонного элемента такое положение соответствует случаю треугольной сжатой зоны бетона. При трапециевидной форме сжатой зоны бетона расчет по прочности косоизгибаемого элемента предлагается вести по формулам плоского изгиба, на действие момента  $M=M_x$ . А.Н. Павликов и А.В. Горик дополнили способ расчета косоизгибаемых железобетонных элементов, предложенный И.К. Никитиным, распространив его на случай трапециевидной сжатой зоны для прямоугольного поперечного сечения. В свою очередь А.А. Цейтлин и Е.В. Голубчик расширили расчет по прочности таврового сечения случаем положения нейтральной оси, когда площадь сжатой зоны бетона больше площади свеса, а ее размер вдоль высоты сечения равен высоте свеса. В работе проведено экспериментальное исследование косоизгибаемых железобетонных балок таврового поперечного сечения на границе перearмирования. Оригинальное решение по оценке несущей способности косоизгибаемых железобетонных элементов было предложено В.Н. Байковым, основанное на эквивалентности виртуальной работы момента и суммарной работы его компонентов в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Фактически предложенный метод сводится к расчету на действие двух моментов отдельно. В работе отсутствуют указания по учету арматуры, в частности какие стержни относить к арматуре площадью  $A_{s1}$  и  $A_{s2}$  ( $F_{a1}$  и  $F_{a2}$  в первоисточнике), при расчете изгибающих моментов  $M_1$  и  $M_2$ , воспринимаемых поперечным сечением 40° отдельно и действующих во взаимно перпендикулярных плоскостях соответственно. Отмечено, что отклонения теоретических моментов от экспериментальных не превышали 8%. В статье Ю.Л. Изотова и К.Х. Доли изложен способ расчета косоизгибаемых железобетонных элементов прямоугольного поперечного сечения, подразумевающий только подбор необходимого количества арматуры, но не проверку несущей способности. Определение положения нейтральной оси осуществляется из предположения упругой работы материала по формуле. В предложенном способе расчета имеются неточности в нахождении положения центра тяжести растянутой арматуры, который необходимо определять исходя

из фактического расположения арматурных стержней, а не условных участков равномерного распределения. В работе не приводится оценка согласованности полученных теоретических выводов с экспериментальными данными. П.Ф. Вахненко проведены экспериментально-теоретические исследования железобетонных элементов, испытывающих сложное напряженное состояние, в частности кривоизгиб, направленные на создание теоретического аппарата, позволяющего рассчитывать такие элементы по всем предельным состояниям, и обеспечивающего надежное и экономически эффективное проектирование. Автор приводит зависимости для определения напряженнодеформированного состояния элемента на любом этапе нагружения, с учетом влияния угла наклона силовой плоскости. Однако предложенный метод расчета по прочности кривоизгибаемых железобетонных элементов предполагает только параллельность плоскостей внешних сил и внутренних усилий. Существует ряд предложений по определению прочности кривоизгибаемого железобетонного элемента, основанных на свойствах изостатических кривых – изостат и изобент, в сочетании с уравнением статического равновесия. Изостата – кривая перемещения центра тяжести сжатого бетона постоянной площади. Касательная к изостате параллельна нейтральной оси при совпадении центра тяжести сжатой зоны с точкой касания. Изобента – кривая перемещения центра тяжести сжатой зоны бетона, при условии, что статический момент сжатой зоны бетона постоянен относительно некоторой оси. Касательная к изобенте пересекает ось, относительно которой статический момент постоянен, в той же точке, что и нейтральная линия. Изостата и изобента – плавные выпуклые кривые. О.Н. Тоцкий заменяет уравнения кривых приближенными криволинейными зависимостями. Автор отмечает, что погрешности в результате принятых допущений могут достигать 10%. Свойства изостаты позволяют определить несущую способность при заданных характеристиках сечения кривоизгибаемого элемента, а изобенты – подобрать необходимое количество арматуры. По оценке исследователей данный способ расчета наиболее приемлем для элементов прямоугольного поперечного сечения. Отмечено, что погрешность в определении плеча внутренней пары сил при

неблагоприятных условиях не превышает 10%. Сравнение с опытными данными показало, что среднее арифметическое расхождение составило  $-2,5\%$ .

Методы, основанные на свойствах изокривых, имеют приближенный характер и не позволяют определить положение нейтральной оси. С накоплением экспериментально-теоретических данных в области расчета железобетонных конструкций в 70-х годах XX века были обнаружены существенные отклонения опытных результатов от теоретических, вычисленных по СНиП II-V.1-62\*, в особенности для изгибаемых элементов вблизи 42 границы перееармирования. В связи с чем, А.А. Гвоздевым, Н.М. Мулиным, Ю.П. Гущей и Е.А. Чистяковым, был разработан общий случай расчета железобетонных элементов, включенный в СНиП II-21-75 [161] и СНиП 2.03.01-84\*. Данный метод применим при любых внешних усилиях, армировании и сечениях.

### **Список литературы:**

1. Баженов Ю.М., Фаликман В.Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии // Материалы I Всероссийской конференции. - М., 2001. -С. 91-101.
2. Волков И.В. Фибробетонные конструкции // Обз. инф. Серия «Строительные конструкции». Вып. 2. - М.: ВНИИИС Госстроя СССР, 1988. -18 с.
3. Айвазян, Э.С. Технологии создания и методы расчета фибробетонных и фиброжелезобетонных элементов с агрегированным распределением волокон: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01; 05.23.08 / Э.С. Айвазян; РГСУ. – Ростов-на-Дону, 2013. – 24 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ, ДЕФОРМАТИВНОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗНОГО СЕЧЕНИЯ

*Титов Владимир Юрьевич*

*магистрант,*

*Орловский государственный университет*

*имени И.С. Тургенева,*

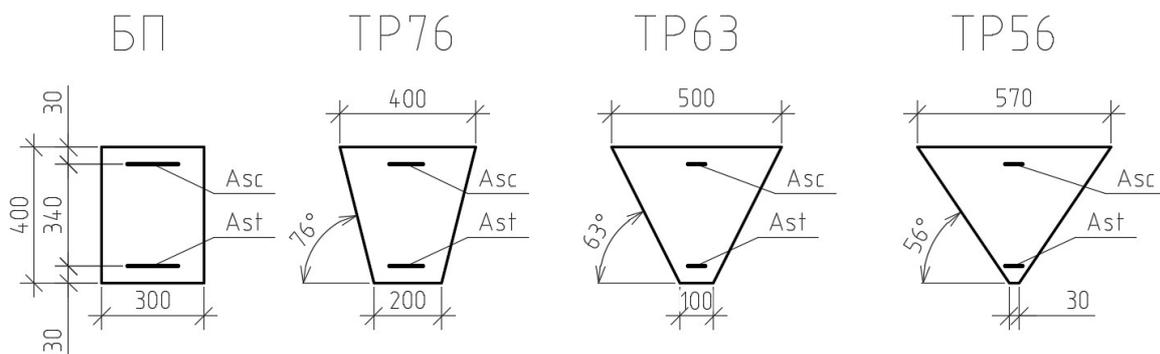
*РФ, г. Орёл*

**Аннотация.** Рассматриваются различные сечения фиброжелезобетонных балок. В качестве исследуемых балок были использованы балки 4-х типов: три типа – образцы трапециевидного сечения и один тип – прямоугольного поперечного сечения.

**Ключевые слова:** фиброжелезобетон, прочность, деформативность, трещиностойкость, изгиб.

В качестве исследуемых балок были использованы балки 4-х типов: три типа – образцы трапециевидного сечения и один тип (эталонный) – прямоугольного поперечного сечения. В процессе исследования варьировались классы бетона (В15) и арматуры (А400, А500, А600), а также коэффициент армирования  $\mu$  в интервале от 0.5 до 5% с шагом 0.5%.

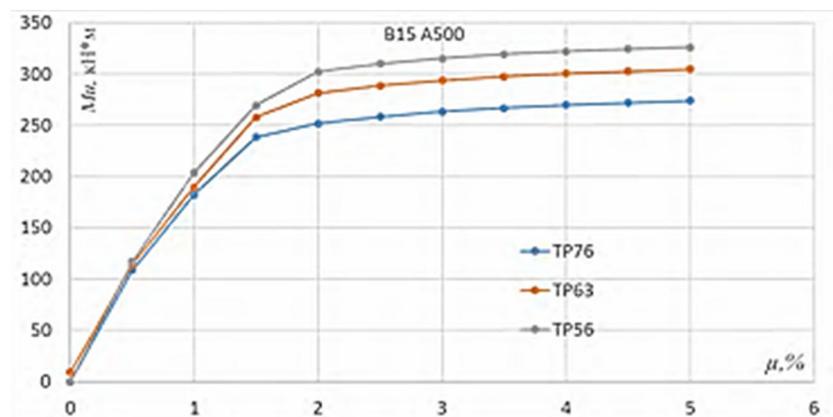
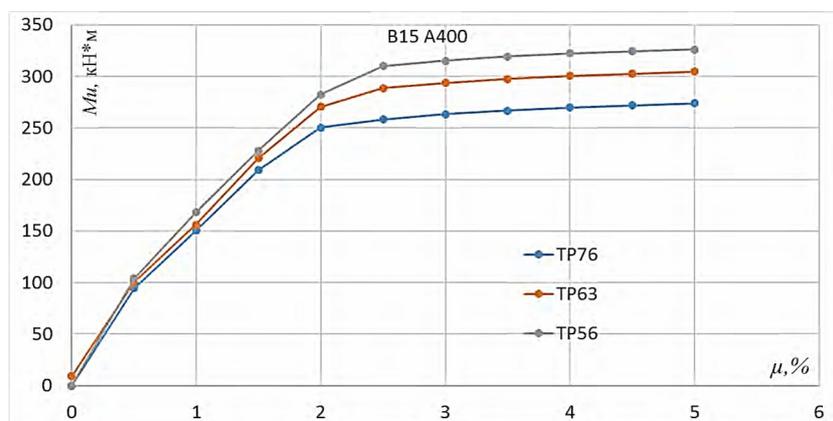
Все исследуемые балки имели постоянную высоту (400 мм), длину пролета (4500 мм) и площадь поперечного сечения, что в свою очередь позволяет дать анализ эффективности распределения материала по высоте сечения без использования приведенных характеристик. Балки были нагружены равномерно распределенной нагрузкой. Геометрические размеры балок приведены на рисунке 1.

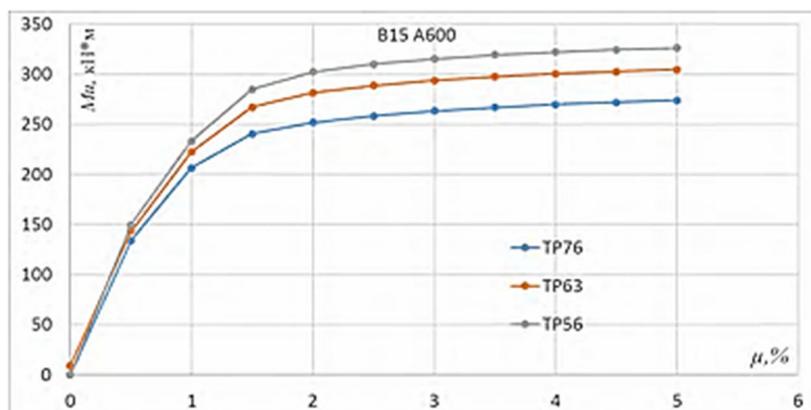


**Рисунок 1. Геометрические размеры сечений исследуемых балок**

Рассмотрим характер роста прочности при увеличении коэффициента армирования для балок различной формы поперечного сечения. В данном пункте рассматриваются изгибаемые элементы из бетона класса В15 и арматуры класса А400, А500 и А600, т.е. с физической площадкой текучести и без неё.

На основании результатов расчета, построены диаграммы зависимости разрушающего момента от коэффициента армирования сечения рисунок 2.





**Рисунок 2. Зависимость  $M_u$  -  $\mu$  для бетона B15**

Как видно из рисунка 2 графики  $M_u - \mu$  являются аффинноподобными. Анализ данных графиков позволяет сделать вывод, что увеличение коэффициента армирования  $\mu$  для трапециевидных балок с разной формой поперечного сечения, в пределах одного класса бетона и арматуры, не сильно влияет на форму графика. Следовательно, для исследования зависимости прочности и трещиностойкости от коэффициента армирования и класса арматуры достаточно будет провести анализ трапециевидных балок одинакового поперечного сечения.

Повторим численный эксперимент для данных балок с большим числом классов бетона. В качестве исследуемых балок, принимаем железобетонные балки типа TP76.

Для анализа влияния процентного содержания арматуры на прочность и трещиностойкость будем использовать следующие данные:

$M_u$ - момент на стадии разрушения;

$M_{crc}$ - момент на начальной стадии трещинообразования;

$M_{f18}$ - значение момента при прогибе  $f=18$  мм (1/250 от пролета);

$\gamma_{rise}$  - коэффициент прироста прочности;

$$\gamma = \frac{M_{u1} - M_{u2}}{riseM} \times 100\% \quad (1)$$

где  $M_{u1}$  - разрушающий момент при  $\mu=x$ ;

$M_{u2}$  - разрушающий момент при  $\mu=x+0,5\%$ ;

$\gamma_{DR}$  - коэффициент прироста момента при прогибе  $f=18$  мм (1/250 от пролета).

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- для бетона В15 увеличение коэффициента армирования выше 2% не приводит к существенному росту прочности. При  $\mu \geq 1,5\%$  арматуру А600 следует заменить на А500, а при  $\mu \geq 2\%$  - на А400, т.к. влияние класса арматуры на прочность железобетонных элементов трапециевидного сечения при дальнейшем увеличении коэффициента армирования  $\mu$  незначительно, что хорошо видно, а;

- для изгибаемых элементов, изготовленных из бетона класса В20, наиболее оптимальный коэффициент армирования находится в диапазоне 1,0- 1,5%. Дальнейшее его увеличение выше 1,5% для арматуры классов А400, А500 приводит к незначительному приросту прочности. Разница между разрушающими моментами для балок с коэффициентом армирования  $\mu$  равным 1,5 и 2%, составила 25,22% и 19,28%, соответственно, для классов А400 и А500, а для арматуры класса А600 и вовсе 9,78%;

- анализ диаграммы, представленной на рисунке Б2, в, позволяет сделать вывод о необходимости замены арматуры классов А500 и А600 арматурой А400 при  $\mu \geq 2,5\%$  и арматуры А600 - арматурой А500 при  $\mu \geq 2\%$ ;

- для элементов, изготовленных из бетона класса В25 и арматуры класса А400, коэффициент армирования желательно принять меньше 2,5%, для арматуры классов А500 и А600 - не выше 2%, т.к. дальнейшее увеличение  $\mu$  не приводит к существенному росту прочности. При  $\mu \geq 2,5\%$  использование арматуры класса А600 становится нерациональным и её следует заменить на А500, а при  $\mu \geq 3\%$  влияние класса арматуры на деформативные и прочностные характеристики изгибаемых элементов становится незначительным, т.е. следует использовать арматуру класса А400;

- для бетона класса В40 при  $\mu \geq 3,5\%$  арматуру класса А600 следует заменить на А500, а при  $\mu \geq 4,5\%$  использовать только класс А400;

- для арматуры А500 прирост прочности резко падает для бетонов классов В15, В25 и В40 при коэффициентах армирования выше 1,5%, 2% и 4%, соответственно;

- при использовании арматуры А600 для балок, выполненных из бетонов классов В15-В20, В25-В30 и В40, рост прочности затухает при коэффициентах армирования выше 1,5%, 2% и 3%, соответственно;

- для арматуры классов А400 и А500 оптимальные проценты армирования из условия прочности лежат в пределах 0,5-0,7%, 1, 1,5%, 1,5-1,7 и 2-2,5% для бетонов В15, В20, В25, В30 и В40, соответственно;

- для арматуры класса А600 оптимальные проценты армирования из условия прочности лежат в пределах 0,5-0,7%, 1-1,5% и 2-2,5% для бетонов В15, В25, В40, соответственно;

- влияние класса арматуры на деформативность исследуемых образцов становится незначительным при коэффициентах армирования выше 1% для бетона класса В15, 1,5% для бетонов классов В20 и В25, 2% и 2,5%, соответственно, для бетонов классов В30 и В40.

Следует отметить, что на трещиностойкость оказывают существенное влияние только класс бетона и коэффициент армирования, а класс арматуры не оказывает почти никакого влияния.

### **Список литературы:**

1. Баранова Т.И. Каркасно-стержневые расчетные модели и инженерные методы расчета железобетонных конструкций: Учеб. пособие / Т.И. Баранова, А.С. Залесов.– М.: Изд-во АСВ, 2003.– 240 с.
2. Бачинский В.Я. Некоторые вопросы, связанные с построением общей теории железобетона / В.Я. Бачинский // Бетон и железобетон.– 1979.– № 11.
3. Абовский Н.П. Некоторые аспекты развития численных методов расчета конструкций / Н.П. Абовский, Л.В. Енджиевский // Известия вузов. Строительство и архитектура.– 1981.– № 6.– С. 30-47.
4. Алмазов В.О. Проектирование железобетонных конструкций по Евронормам: научное издание / В.О. Алмазов.– М.: Изд-во АСВ, 2011.– 216 с.

## СЕКЦИЯ 2.

### ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### ПОСЛЕДСТВИЯ ПАНДЕМИИ COVID-19 - ВОЗМОЖНОСТЬ ДЛЯ НОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ИТ ОТРАСЛИ

***Пасюта Максим Андреевич***

*студент,*

*Алтайский государственный технический университет*

*им. И.И. Ползунова,*

*РФ, г. Барнаул*

***Сучкова Лариса Иннокентьевна***

*научный руководитель,*

*д-р техн. наук, профессор,*

*Алтайский государственный технический университет*

*им. И.И. Ползунова,*

*РФ, г. Барнаул*

Вот уже год как весь мир живет в условиях одного из самых серьезных вызовов человечеству за последние несколько сотен лет – пандемии, вызванной вспышкой коронавирусной инфекции (COVID-19). Пару лет назад сценарий такой масштабной трагедии мог прийти в голову лишь какому-нибудь писателю-фантасту, готовящему материал для фильма-катастрофы. Большинство простых людей и государственных чиновников, особенно в развитых странах, до 2020 года были уверены, что современные достижения в области медицины и здравоохранения способны обеспечить безопасность граждан и при необходимости справиться с вспышкой любого заболевания. [5] Оказалось, что многие из нас ошибались. Прошел год, в течение которого во многих странах мира, в том числе и в России, вводились жесткие локдауны, применялись различные ограничения, призванные снизить распространения коронавирусной инфекции (COVID-19). [1] Несмотря на появления различных вакцин и начало массовой вакцинации в ряде стран мира, ни представители Всемирной Организации Здравоохранения, ни чиновники и представители правительств пока не могут уверенно сообщить, когда закончится пандемия.

В любом случае этот год изменил всех нас и изменил весь мир. Возможно, эти изменения настолько радикальны, что мы пока этого до конца не осознаем. Вместе с тем всегда период перемен создавал новые возможности. Уверен, что новые возможности появились и для IT отрасли, а может быть и особенно для нее. Поэтому уже сейчас важно тщательно проанализировать сложившуюся ситуацию и постараться максимально правильно воспользоваться появившимися возможностями, чтобы представить новые и современные IT продукты для населения, бизнеса и государственных структур.

В нынешний кризис у 66% организации возникла острая необходимость внедрять информационные технологии, которые ранее планировали использовать только в долгосрочной перспективе. [3] Бизнес раньше всех отреагировал на условия пандемии и постарался выработать новые методы общения с потенциальными клиентами.

Даже самые консервативные отрасли такие как ресторанная индустрия, достаточно быстро отреагировала на развитие бизнеса в период пандемии.

Один из лучших московских ресторанов «My Big Love» уже в первые недели введения ограничений связанных с профилактикой распространения коронавируса сделал полноценный сайт и мобильное приложение с меню и фотографиями блюд. Затем они отказались от устаревших бумажных меню и перешли на iPad. Дело в том, что в винной карте бара представлено более 600 этикеток вин и шампанских и 50 бокальных позиций – на простом бумажном меню подробной информации о данной продукции невозможно уместить [3]. Это пример того что даже для элитных ресторанов пандемия стала неприятным сюрпризом, но не тяжелым ударом.

Финансовая отрасль в пандемию также претерпела изменения. Стали популярны мобильные приложения для выплаты зарплат по требованию, так называемые сервисы pay on-demand: они позволяют выдать сотрудникам зарплату раньше срока, помогая справиться с внезапными тратами, когда финансовой подушки нет или она кончилась [3].

В кризис о внедрении таких систем сообщали крупнейшие западные организации, а аналогичный российский сервис «Деньги Вперед» сообщил о всплеске интереса со стороны корпораций и привлек более 1 миллиона долларов на масштабирование сервиса по всей России [2].

Пандемия повлияла и на рынок оказания юридических услуг. В середине марта газета Financial Times опубликовала статью, в которой утверждала, что юристы сейчас чрезвычайно загружены из-за коронавируса, поскольку компании ищут способы отказаться от контрактов или предотвратить распад сделок. Адвокаты заявляют, что они сталкиваются с увеличением числа звонков и запросов клиентов на 25% и более, из-за юридических проблем, связанных с пандемией [4]. Помимо увеличения количества обращений к практикующим юристам от корпоративных клиентов, возрастает востребованность в юридической помощи у обычных граждан.

Ограничения, наложенные государством из-за коронавирусной инфекции, зачастую делают невозможными непосредственные встречи гражданина и юридического консультанта. Порой сами граждане из-за боязни заражения не хотят посещать офисы юридических компаний или кабинеты практикующих юристов.

В преобладающем большинстве проблемы граждан, с которыми они приходят к юристам зачастую просты и типичны с точки зрения юридического оформления. Именно поэтому их решение можно автоматизировать. В настоящее время таких автоматизированных систем юридической направленности крайне мало, и они не позволяют в полной мере решить задачу автономно. Отличным решением данной проблемы было бы разработка и внедрение юридических экспертных систем. Они помогут упростить и ускорить оказание помощи гражданам в решении типичных юридических вопросов.

Пожалуй, самыми распространенными вопросами с которыми обращаются граждане к практикующим юристам являются вопросы гражданского права. Большинство этих вопросов решаются в судебном порядке после подачи соответствующих исковых заявлений. Вероятно, одно из самых востребованных

юридических экспертных систем для граждан могла бы стать система для формирования исковых заявлений в суд.

Реализовать данную экспертную систему можно на языке программирования python используя Фреймворк Django. Данный язык обладает высокой производительностью и позволит достаточно быстро спроектировать приложение посредством большого количества библиотек. Наилучшим выбором для реализации экспертной системы был бы телеграм-бот. Благодаря такому размещению системы пользователь получил бы максимально удобный ему интерфейс, а также доступность экспертной системы всем желающим. Работу с клиентами системы можно реализовать посредством диалога с ботом, а настройку и добавление новых данных осуществлять через административную панель Django. Экспертная система может работать на основе набора продукционных правил (продукций). Продукционное правило – это правило вида ЕСЛИ <условие> ТО <действие>. И условие, и действие содержат в себе некие факты. Факт сам по себе может быть истинным или ложным, а также мы можем не иметь данных о его истинности. Посредством диалога с пользователем экспертная система, используя данные правила, будет уточнять область права и помогать выбрать нужное исковое заявление. Каждое из правил будет иметь определенные коэффициенты, дабы система могла расширяться и приводить к нужному результату для пользователя. Итогом работы системы должна быть выдача комплекта оформленных документов и формирование алгоритма дальнейшего действия для подачи исковых заявлений в суд и при необходимости направления запросов в другие инстанции. Так как сама экспертная система будет реализована в виде веб приложения, оптимальным вариантом будет разместить ее на облачной платформе Heroku. Сервис Heroku поможет выложить приложения и автоматизировать его в будущем при росте количества клиентов.

В заключение хотелось бы добавить, что ограничения в условиях пандемии уже послужили толчком для создания новых и продвижения разработанных программных продуктов, но еще больше сервисов необходимо спроектировать и внедрить в повседневную деятельность с целью облегчения работы

государственных структур, бизнеса и простых граждан в условиях пандемии. Не вызывает сомнения что данные программные продукты будут востребованы и после окончания эпидемии COVID-19.

### **Список литературы:**

1. Анатолий Ализар, Цифровизация – единственная надежда во время кризиса: глобальное исследование AppDynamics / Ализар Анатолий // Журнал Mail.ru Cloud Solutions об IT-бизнесе, технологиях и цифровой трансформации [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Заглавие с экрана. – Режим доступа: URL:<https://mcs.mail.ru/blog/tsifrovizatsiya-edinstvennaya-nadezhda-vo-vremya-krizisa> (дата обращения 15.03.2021).
2. Александр Резников и Жанна Гладкова, Как сибирский бизнес пережил пандемию / Резников Александр и Гладкова Жанна [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Заглавие с экрана. – Режим доступа: URL: <https://ksonline.ru/393911/kak-sibirskij-biznes-perezhil-pandemiyu/> (дата обращения 15.03.2021).
3. Анатолий Сморгонский, От такси до ресторана: почему IT – ключевой ингредиент любого бизнеса/ Сморгонский Анатолий [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Заглавие с экрана. – Режим доступа: URL: <https://rb.ru/opinion/key-ingredient/> (дата обращения 15.03.2021).
4. Коронавирусная депрессия: как рынок юридических услуг реагирует на пандемию [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Заглавие с экрана. – Режим доступа: URL: <https://pravo.ru/story/220385/> (дата обращения 15.03.2021).
5. Laura Slade, The Agents of Transformation Report 2020: COVID-19 Special Edition / Laura Slade [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Заглавие с экрана. – Режим доступа: URL: <https://www.appdynamics.com/blog/news/agents-of-transformation-report-2020> (дата обращения 15.03.2021).

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ**

*Электронный сборник статей по материалам XXXIX  
студенческой международной научно-практической конференции*

№ 4 (39)  
Апрель 2021 г.

В авторской редакции

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

16+

