



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru

ISSN 2618-9402



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

**ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ  
№2(47)**

г. МОСКВА, 2022



# ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

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

№ 2 (47)  
Февраль 2022 г.

Издается с февраля 2018 года

Москва  
2022

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 последипломного 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 XLVII студенческой международной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2022. – № 2 (47) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [https://nauchforum.ru/archive/SNF\\_tech/2\(47\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/2(47).pdf)

Электронный сборник статей XLVII 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>
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КВАНТОВОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ В ПОИСКЕ АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ Ашимов Рахман Нурланович	4
ВЛИЯНИЕ ИММЕРСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ Варламова Ксения Сергеевна	10
ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ КАЧЕРА БРОВИНА И УВЕЛИЧЕНИЕ ЕГО МОЩНОСТИ Пантюхин Марк Владимирович Рудаков Александр Иванович	13
САР ТЕМПЕРАТУРЫ В ИНДУКЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ Нурмухаметов Артем Игоревич Свиридов Илья Павлович Петлин Максим Анатольевич Брагин Сергей Сергеевич Базаров Александр Александрович	17
<b>Секция 2. Физико-математические науки</b>	<b>27</b>
СТАНДАРТНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЛОГАРИФМИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ Учелькина Елена Алексеевна	27

# СЕКЦИЯ 1.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КВАНТОВОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ В ПОИСКЕ АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ

*Ашимов Рахман Нурланович*

*магистрант,  
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва,  
Республика Казахстан, г. Нур-Султан*

Общеизвестным фактом является то, что научно-технический прогресс имеет непосредственное воздействие на традиционный уклад жизни человека. Не обходит это утверждение и сферу образования. Если в начале XXI века понятие «дистанционного обучения» воспринималось как элемент, характерный для необозримого будущего, то на сегодняшний день без него не обходится ни одно образовательное учреждение в мире. Спрос на возможность дистанционного обучения вырос и, несомненно, будет непреклонно расти. Наглядным примером является пандемия COVID-19, когда на определенный момент более 90% обучающихся перешли на дистанционное обучение. Данный факт нанес колоссальный удар по образовательным системам практически всех стран мира [1,2]. Основываясь на данных тенденциях, можно предположить, что внедрение современных и новейших методов в продукты, носящие образовательный характер, являются важными и необходимыми в области информатики и компьютерных технологий.

Внутреннее влияние с начала 2010-х годов обретает так называемая «Наука о данных» или «Data science». Методы, разрабатываемые специалистами в области анализа больших данных, внедряются в различные сферы деятельности человека: начиная от финансовых систем, банкинга и заканчивая мелкокорпоративной торговлей. К одной из популярных проблем в анализе больших данных входит нахождение паттернов, связей между элементами в базах данных. Выявление подобных связей открывает широкий спектр возможностей для дальнейшего

исследования поставленной задачи [3]. Наиболее эффективный подход в выявлении паттернов и шаблонов предлагают методы поиска ассоциативных правил. Внедрение данных методов в образовательные порталы поможет с построением комплекса образовательных программ, уметь подобрать подходящие по требованиям курсы для потенциальных обучающихся и поможет в автоматизации формирования новых курсов [4].

Какое же можно дать определение квантовому компьютеру? По сравнению с обычным, в квантовых компьютерах не имеет никакого значения такие характеристики как мощность видеокарты, наличие чипсета и так далее. Данные аспекты уходят отодвигаются на второй план. Ключевым фактором является то, как устроена память в компьютерах, а точнее, ячейки и регистры, в которых будет производиться квантовое вычисление. В стационарных компьютерах ячейка памяти или бит может принять одно из двух значений: 0 или 1. В квантовых компьютерах ячейка памяти или кубит может принять значения: 0, или 1, или одновременно 0 и 1. Такую уникальную возможность называют квантовой суперпозицией. Ячейки памяти в квантовых компьютерах называют кубитами. Аналогией суперпозиции является брошенная монета, которая никогда не падает. Подобная особенность всецело меняет логику вычислений. Квантовая суперпозиция является очень чувствительным состоянием. При попытке выяснить, что записано в кубите, он с какой-то вероятностью будет принимать значение 0, а с какой-то 1. То есть, узнать, что выпадет орел или решка можно лишь остановив монету, но тогда он теряет свойство суперпозиции. Зачем же такая неустойчивая конструкция? Дело в том, что так выглядит лишь 1 кубит. Если их несколько, то положение меняется кардинально. Например, 2 кубита могут принять 4 состояния: 00, 01, 10 и 11. 3 кубита дают 8 комбинаций, 4 кубита - 16, 5 кубитов – 32 и т.д. Следственно, N кубит дают  $2^N$  различных состояний. Такая степенная зависимость растет очень быстро. Например,  $2^{50}=1\ 125\ 899\ 906\ 842\ 624$  [5].

Логические операции над кубитами относят к квантовым вентилям. Их уникальность заключается в том, что они не нарушают состояние суперпозиции. Они меняют не сами значения кубитов, а вероятность того, что в результате

выпадет в кубите при измерении: 0 или 1. Если вкратце, то квантовый компьютер работает так: загружается база данных в кубиты, используются цепочки из квантовых вентилях, производится итоговое измерение и наблюдение результата. В зависимости от применяемого метода, подобную операцию необходимо провести 1 или несколько раз, чтобы выяснить статистику выпадения нулей и единиц. Данную теорию можно испытать на специальных симуляторах, созданные компанией IBM. В практической плоскости это очень трудоемкая проблема. Основная задача заключается в обеспечении изоляции кубитов от инородного воздействия, так как их состояние суперпозиции будет нарушена в краткосрочной перспективе. Например, кубитами могут быть малые сверхпроводящие петли. При таком раскладе, их необходимо охладить до экстремально низких температур. В данных экспериментах применяется жидкий гелий. Температура охлаждения доводится до экстремальных 15 мКельвин. Если сравнить, то комнатная температура имеет показатель в 300 Кельвин. Данная температура близка к абсолютному нулю. В виде кубитов можно воспринимать независимые ионы, захваченные в электромагнитные ловушки. И дальнейшая реализация невозможна из-за проблемы создания глубокого вакуума. На сегодняшний день мощного и эффективного квантового компьютера для массового использования не изобрели. Существуют симуляторы в промежутке от 100 до 1000 кубит, и даже они применимы под одну или две узкоспециализированные задачи и выдвинуть универсальное решение на данный момент не представляется возможным.

Если подобрать миллиарды состояний, то в конце концов их можно сузить к простому набору 0 и 1. Как же можно вообразить пользу квантовых компьютеров? Квантовые вычисления уникальны тем, что в отличие от обычного в них выполняется функция параллельного вычисления. К примеру, на 10 кубитах невозможно одновременно произвести 2048 умножения. В подобных задачах, практической пользы во времени не будет. Квантовый компьютер эффективнее стационарного лишь в определенных моментах, например, если есть необходимость в нахождении на большом массиве чисел: определенное число,

закономерность, периоды повторения и т.д. При таких раскладах ускорение достигается благодаря квантовому эффекту, то есть эффекту интерференции, параллелизма и квантовой запутанности. На подобном случае сравнение с брошенной монетой приобретает совсем иной смысл, полностью отходя от классической механики в квантовый мир. Как было упомянуто выше, в системе из определенных кубит может существовать большое множество состояний. В определенных задачах, где стационарному компьютеру необходимо перебирать значения по одному, квантовый компьютер имеет возможность обработать все значения одновременно. В результате будет выдано большое количество ответов, где необходимо выбрать подходящие под условия задачи. В решении данной проблемы применяется интерференция. Проблема в том, что коэффициенты перед различными состояниями системы необходимо воспринимать не как вероятности, а амплитуды вероятностей с комплексными числами. Например,  $(0,4+0,4i) | 10\rangle - (0,4+0,4i) | 11\rangle$ . При их сложении результатом может быть значение меньшее данного или даже 0. С помощью определенных квантовых вентиля можно усиливать амплитуды у «правильных» ответов и уменьшать у «неправильных», при том, что вентиль действует на все состояния одновременно. Поэтому к верному ответу можно прийти в краткие сроки. Но есть проблема, чтобы интерференция действовала, все кубиты должны быть когерентны, т.е. интерференция – результат сложения когерентных состояний. Это означает, что они одинаковы по свойству и не взаимодействуют с окружением. Добиться этого на практике проблематично с ростом числа кубит, но при этом растет квантовое ускорение.

Допустим, что имеется 2 кубита -  $\alpha|00\rangle + \beta|01\rangle + \gamma|10\rangle + \delta|11\rangle$ . Определенными квантовыми вентилями можно обнулить вероятности двух состояний, оставив только 2:  $0,71|00\rangle + 0,71|11\rangle$ , тогда, просмотрев только один кубит и обнаружив значение 1, можно понять, что это за состояние. В таком случае можно знать что будет во втором, хотя он не был затронут:  $|11\rangle$ . Данное состояние свойственно благодаря квантовой запутанности. Это состояние наблюдается только в квантовом мире, и не существует в макромире. Если



одновременно бросить в воздух две монеты и поймать одну и разузнать ее значение, нельзя предугадать какое значение может принять вторая монета. Данное свойство увеличивает квантовое ускорение в вычислениях [6].

Самое примитивное использование квантовых компьютеров – это использование методов поиска ассоциативных правил, так как они используются повсеместно: банкинг, создание цифровых подписей, электронные почты, пароли, логирование и т.д. Теоретически, если получится разложить полученные данные на множители, то существует возможность получить доступ к базе данных без ограничений. Стандартные компьютеры будут выполнять подобную задачу около трех дней, а мощный квантовый компьютер выполнит ее менее чем 1 секунду.

Чтобы связать квантовый компьютер с методами поиска ассоциативных правил, необходимо понять, как работает нейронная сеть. Нейронные сети на данный момент выполняют масштабные вычисления, на подобие определения болезней в медицине или анализ океанических течений. Вкратце, нейросеть представляет собой огромный набор элементов и связи между ними, задача которых является вычисление закономерностей на больших массивах данных. Если получится добиться успеха в построении нейронных сетей, квантовых компьютеров и в устройстве под них существующих методов поиска правил, то объединение трех этих элементов на данный момент проблематично [7].

О квантовых нейросетях чаще всего говорят в выделении вычислительной техники, но ведь известно, что человеческий мозг – это нейронная сеть, которая в 50 раз шире чем имеющиеся на данный момент в обороте. Существует предположение что, поиск квантовых ускорений в биологических нейронных сетях – это теоретическое решение проблемы создания «квантового мозга» и в многократном увеличении эффективности обработки найденных ассоциативных правил [8].

## Список литературы:

1. Как пандемия влияет на систему образования в мире – [Электронный ресурс] URL: [https://forbes.kz/process/education/kak\\_pandemiya\\_vliyaet\\_na\\_sistemu\\_obrazovaniya\\_v\\_mire/](https://forbes.kz/process/education/kak_pandemiya_vliyaet_na_sistemu_obrazovaniya_v_mire/) (Дата обращения: 14.10.2021)
2. M. Mukasheva, O. Chorosova, Z. Zhilbayev and Y. Payevskaya, "Integrated approach to the development and implementation of distance courses for school computer science teachers," 2020 IEEE 14th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/AICT50176.2020.9368817
3. What Is Data Science, and What Does a Data Scientist Do? - [Электронный ресурс] - URL: <https://www.innoarchitech.com/blog/what-is-data-science-does-data-scientist-do> (Дата обращения: 14.10.2021)
4. Characteristics of association rules and item sets - [Электронный ресурс] - URL: <https://www.ibm.com/docs/en/db2/10.5?topic=visualizer-characteristics-association-rules-item-sets> (Дата обращения: 14.10.2021)
5. Quantum Computing Since Democritus Lecture 10: Quantum Computing » - [Электронный ресурс] - URL: <http://www.scottaaronson.com/blog/?p=208> (Дата обращения: 14.10.2021)
6. Job One for Quantum Computers: Boost Artificial Intelligence - [Электронный ресурс] - URL: <https://www.quantamagazine.org/job-one-for-quantum-computers-boost-artificial-intelligence-20180129/> (Дата обращения: 15.10.2021)
7. Making a Neural Network, Quantum - [Электронный ресурс] - URL: <https://medium.com/xanaduai/making-a-neural-network-quantum-34069e284bcf> (Дата обращения: 15.10.2021)
8. How neural network training methods are modeled after the human brain - [Электронный ресурс] URL: <https://searchenterpriseai.techtarget.com/feature/How-neural-network-training-methods-are-modeled-after-the-human-brain> (Дата обращения: 15.10.2021).

## **ВЛИЯНИЕ ИММЕРСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ**

*Варламова Ксения Сергеевна*

*студент,*

*Астраханский государственный университет,*

*РФ, г. Астрахань*

Развитие цифровых технологий в последние десятилетия привело к их повсеместному проникновению в обыденную жизнь и практическую деятельность людей.

Одними из самых широко распространенных и популярных новых видов технологий, появившихся с распространением компьютеров, смартфонов, планшетов и доступа к сети Интернет, стали иммерсивные технологии.

Расширение объемов индустрии иммерсивных технологий и быстрый рост их аудитории превратили их в неотъемлемую часть массовой культуры и повседневной жизни детей и подростков.

Это сравнительно новый вид информационного воздействия, обладающий собственной спецификой [1].

Влияние киберпространства на развитие детей активно исследуют физиологи, психологи и педагоги.

Иммерсивные технологии — дополненная, виртуальная и смешанная реальности — это мощные системы, способные оказать серьезное влияние на физическое, когнитивное и социально-эмоциональное развитие детей. Особенностью данного вида технологий является эффект полного погружения в моделируемую среду.

Он связан с ощущением и восприятием физического присутствия в нефизическом мире с использованием специальных устройств.

Поскольку более ста миллионов детей во всем мире страдают от трудностей в обучении, становится необходимым исследовать и внедрять новые многообещающие инструменты, которые извлекают выгоду из постоянно растущих достижений в области передовых технологий. Всё чаще появляются

новости о том, что инновационные приложения эффективны в лечении и совершенствовании навыков повседневной жизни детей с ограниченными возможностями или без них.

Британские ученые из Батского университета проводили исследование, в котором изучали влияние иммерсивных технологий на понимание разницы между реальностью и воображением в раннем детстве. В нем участвовали четырехлетние дети (30 мальчиков и 30 девочек), которые были случайным образом распределены в группу иммерсивных технологий, видеогруппу или группу книг с картинками.

Каждому ребенку было индивидуально представлено три невозможных и три сопоставимых возможных события с использованием назначенной им среды. После каждого события детей спрашивали, возможно ли это в реальной жизни и почему/почему нет.

Дети в группе иммерсивных технологий были более склонны правильно оценивать возможность реальных событий, чем дети в видеогруппе, и также с большей вероятностью неправильно оценивали возможность воображаемых событий, чем дети в видеогруппе. Кроме того, они с большей вероятностью правильно судили о возможности реальных событий, чем о воображаемых событиях [1].

В ходе проведения исследования британские ученые выяснили, что иммерсивные технологии влияют на когнитивные способности детей.

В дополнение к многочисленным исследованиям, недавнее исследование, которое было проведено в Университете Ватерлоо, подтверждает, что всего за четыре месяца произошло увеличение социальной и когнитивной осведомленности на 35% для детей, участвующих в обучении на основе иммерсивных технологий по социальному познанию.

Однако кроме положительного влияния иммерсивных технологий на детей и подростков также есть ряд негативных последствий. На сегодняшний день киберпространство, формируемое компьютерными играми, оказывает значимое, но мало регулируемое воздействие на социализацию.

Агрессивному воздействию подвергаются физиологические, психофизиологические, интеллектуальные и личностно-волевые компоненты личности дошкольника.

Учитывая значимость дошкольного возрастного периода в формировании личности безопасного типа необходимо создать теоретические и методические разработки, позволяющие регулировать воздействие виртуальной реальности на процесс социализации ребенка.

В [3] отмечается, что медицинские работники обеспокоены увеличением детской заболеваемости (особенно в возрасте от 5 до 12 лет).

Такие болезни, как снижение зрения, деформации позвоночника (сколиозы), астма, остеохондроз, заболевания суставов и кистей рук являются следствием нарушения правил пользования компьютером и электронными носителями.

На формирующийся организм действует излучение, долгое сидение в стесненной позе приводит к мышечным болям и искривлению позвоночника, мелькания на экране являются сильной нагрузкой для зрения ребенка.

### **Список литературы:**

1. Макалатия А.Г. Субъективные факторы притягательности компьютерных игр для детей и подростков. // Макалатия А.Г., Матвеева Л.В. Национальный психологический журнал. – 2017. – № 1(25). – с. 15-24.
2. Schmitz A. Is seeing believing? The effects of virtual reality on young children's understanding of possibility and impossibility / A. Schmitz, Richard Joiner, Paul Golds // Journal of Children and Media. Volume 14, 2020 - Issue 2. – 2019. P 158-172
3. О.Е. Шерстнева. Влияние виртуальной реальности на формирование личности безопасного типа как педагогическая проблема дошкольного воспитания // О.Е. Шерстнева, Д.Е. Шерстнев. – Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. – 2009. – с. 183-188.

# ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ КАЧЕРА БРОВИНА И УВЕЛИЧЕНИЕ ЕГО МОЩНОСТИ

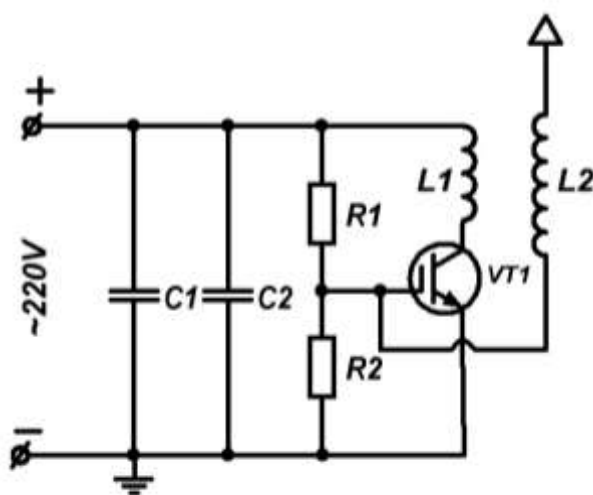
*Пантюхин Марк Владимирович*

*магистрант,  
Казанский Государственный Энергетический Университет,  
РФ, г. Казань*

*Рудаков Александр Иванович*

*научный руководитель, д-р техн. наук, проф.,  
Казанский Государственный Энергетический Университет,  
РФ, г. Казань*

Качер Бровина – это разновидность блокинг-генератора и катушки Н. Теслы, его основным элементом является транзистор, триод или пентод. В зависимости от собираемой схемы качер может выступать в роли генератора электромагнитных колебаний и генератора импульсов и работать в одном из нескольких режимов работы. Самый распространенный режим работы блокинг-генераторов качера Бровина – Автоколебательный. В данном режиме работы открытие активного элемента (транзистора, триода, пентода и тд) происходит без внешнего воздействия, при этом цикл его работы постоянно повторяется.

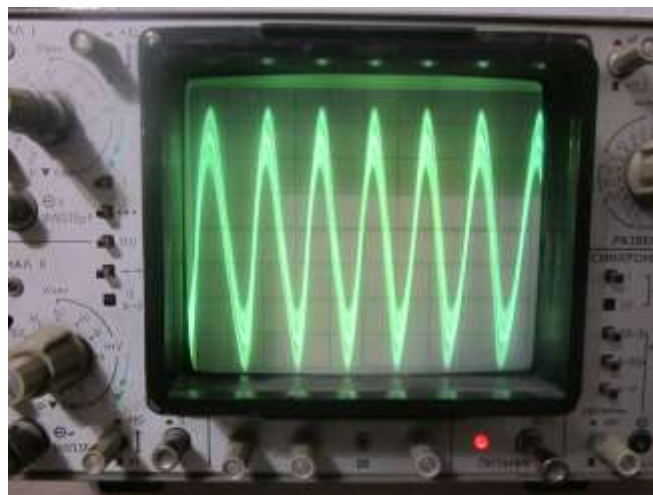


*Рисунок 1. Простейшая схема качера Бровина*

Простейшая схема качера Бровина (Рис. 1) состоит из двух резисторов R1 и R2, двух конденсаторов C1 и C2, двух катушек L1 и L2 и транзистора VT1.

Использование двух резисторов создает делитель напряжения, который регулирует напряжение. Конденсатор С2 служит для накопления заряда с последующим его высвобождением. Конденсатор С1 необходим для частичной фильтрации и стабилизации цепи. Транзистор обеспечивает коллекторно-эмиттерный переход.

Открытие транзистора и работа всей системы основана на лавинных пробоях. При подаче напряжения резисторы создают смещения токов, частично открывая транзистор и заряжая накопительный конденсатор. Величина напряжения, проходящего через резистор и высвободившегося заряда конденсатора не хватает для полного открытия транзистора, но его хватает для частичного отпирания до момента возникновения в катушки цепи запуска индукционных процессов. Возникающие и усиливающиеся индуктивные процессы в катушках способствуют к возникновению ЭДС самоиндукции и образованию лавинных пробоев, которые моментально и полностью открывают активный элемент, тем самым еще сильнее усиливая протекающие процессы в катушках.



***Рисунок 2. Осциллограмма работы качера Бровина***

При подносе сильного магнита к устройству на осциллограмме (Рис. 2) стали значительно заметнее шумы, увеличилась амплитуда колебаний импульсов и выходная мощность.

При использовании нескольких конденсаторов необходимо учитывать их роль в работе цепи. Фильтрующий конденсатор необходимо брать пленочный, а накопительный – электролитический. Резистор R1 необходимо подбирать с максимально большим сопротивлением, при котором будет работать система, т.к именно от него зависит величина потребления силы тока. Выбор и установка слишком слабого резистора приведет к его выходу из строя.

Увеличение мощности качера можно осуществить следующими способами:

1. Изменением схемы; 2. Увеличением входного напряжения и повышением номиналов всех элементов цепи; 3. Увеличением показателей добротности; 4. Увеличением коэффициента связи; 5. Использование торов, бифилярных намоток и диполей Тесла.

Для увеличения показателей добротности необходимо увеличить сечение проводов, снизить количество витков и уменьшить сопротивления цепи. Остальные методы повышения добротности должны балансировать с основными т.к все показатели взаимосвязаны. Добротность можно увеличить путем повышения индуктивной связи (увеличением количества витков), но с увеличением витков увеличится межвитковая емкость и упадет частота работы качера, уменьшая его безопасность и т.д.

Увеличение коэффициента связи возможно с использованием бифилярной намотки. Данная катушка будет иметь паразитную емкость, из-за которой снизится КПД устройства. Компенсировать падение возможно с увеличением частоты резонанса контуров или снижения расстояния между катушками. Увеличение параметров коэффициента связи эффективно только до переделённого момента. Изменение коэффициента связи в два раза приведет к изменению мощности качера на 20%, в четыре раза на 30%.

### **Список литературы:**

1. Рудаков А.И., Пантюхин М.В. Повышение энергоэффективности импульсных генерирующих систем за счет электромагнитного резонанса. III Всерос. науч. – прак. конф., «Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники» / Изд. КГЭУ. – Казань, 2021. – 52 с.



2. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле / Г.И. Атабеков и др. - М.: Лань, 2016. - 432 с.
3. Стребков, Д.С. Исследование резонансной системы передачи электрической энергии. / Д.С. Стребков, О.А. Рощин, Л.Ю. Юферев // Ж. Информационные ресурсы России. - 2011. - №3.
4. Тесла, Н. Статьи. /Н. Тесла // Самара: Издательский дом «Агни», 2008.- 584 с.
5. Регельсон Л.М. Блокинг-генератор. М. – Л., Госэнергоиздат, 1961. – 72 с.

# **САР ТЕМПЕРАТУРЫ В ИНДУКЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ**

***Нурмухаметов Артем Игоревич***

*студент,  
Самарский государственный технический университет,  
РФ, г. Самара*

***Свиридов Илья Павлович***

*студент,  
Самарский государственный технический университет,  
РФ, г. Самара*

***Петлин Максим Анатольевич***

*студент,  
Самарский государственный технический университет,  
РФ, г. Самара*

***Брагин Сергей Сергеевич***

*студент,  
Самарский государственный технический университет,  
РФ, г. Самара*

***Базаров Александр Александрович***

*научный руководитель, д-р техн. наук, профессор,  
Самарский государственный технический университет,  
РФ, г. Самара*

## **AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL SYSTEM IN A BATCH INDUCTION UNIT**

***Artem Nurmuhametov***

*Student of SamSTU,  
Russia, Samara*

***Ilya Sviridov***

*Student of SamSTU,  
Russia, Samara*

***Maksim Petlin***

*Student of SamSTU,  
Russia, Samara*

***Sergey Bragin***

*Student of SamSTU,  
Russia, Samara*

*Aleksandr Bazarov*  
*Doctor of Technical Sciences, Professor, SamSTU,*  
*Russia, Samara*

**Аннотация.** В данной публикации рассмотрена задача разработки САР температуры индукционной установки нагрева заготовок из алюминиевого сплава с заданным ограничением на допустимое отклонение температуры. Сложность задачи связана с распределением фазовой нагрузки, появлением высших гармоник при транзисторном ИП, а также обеспечением регулирования мощности индуктора.

**Abstract.** In this publication, the task of developing a system for automatic temperature control of an induction heating plant for aluminum alloy workpieces with a given limit on the permissible temperature deviation is considered. The complexity of the problem is related to the distribution of the phase load, the appearance of higher harmonics with a transistor IP, as well as ensuring the regulation of the power supplied to the inductor.

**Ключевые слова:** индукционный нагрев, система автоматического регулирования температуры, сплав алюминия.

**Keywords:** induction heating, automatic temperature control system, aluminum alloy.

### **Введение**

Обработка металла - неотъемлемая часть металлургической промышленности. Для некоторых операций применяется нагрев изделия. Использование индукционных нагревателей очень выгодно с точки зрения затраченного времени на нагрев изделий. Задача состоит в том, чтобы не только обеспечить быстрый нагрев, а также сформировать равномерное распределение температуры по всему объему изделия. Для того чтобы добиться равномерного распределения температуры, нужно подобрать геометрические параметры индуктора, при которых краевые эффекты вносили минимальное искажение в распределение

мощности тепловыделения по длине заготовки [1]. Кроме того, нужно также выбрать способ регулирования мощности и источник питания установки, так чтобы отрицательное влияние на цеховую сеть было минимальным [2].

Задача решается с помощью моделирования электромагнитных и тепловых процессов в индукционной установке периодического действия в программных комплексах Comsol и Elcut.

Требование к конечному температурному распределению определяется из условия минимального отклонения температуры от требуемой величины.

В качестве нагреваемого объекта принята цилиндрическая заготовка из сплава алюминия марки Д16: длина  $l=0,5$  м; диаметр  $d=0,64$  м;

Свойства алюминиевого сплава Д16 приведены ниже:

Коэффициент теплопроводности  $k=163$  Вт/(м · град);

плотность  $\rho=2780$  кг/м<sup>3</sup>;

теплоемкость  $C=1130$  Дж/(кг · град);

коэффициент излучения поверхности (степень черноты)  $\varepsilon=0,05$ ;

удельное сопротивление  $\rho = 4,5 \cdot 10^{-8}$  Ом · м.

В тепловых расчетах принят коэффициент конвективного теплообмена  $h=5$  Вт/м<sup>2</sup>град).

Индуктор выполнен из медной трубки прямоугольного сечения. Диаметр катушки равен  $d=0,76$  м. Электропроводность принята равной  $g=55000000$  См/м

### **Цель моделирования**

Разработка электромагнитной и тепловой моделей процесса индукционного нагрева заготовки для получения заданного распределения температуры за счет управления мощностью индукционной установки периодического действия.

### **Тепловая задача**

Тепловые процессы при нагреве осесимметричной цилиндрической заготовки описываются уравнением:

$$c\rho \left(\frac{\partial T}{\partial t}\right) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r\lambda \frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right) + Q;$$

где:  $T(r, x, t)$  – температура загрузки;  $C$  - удельная теплоемкость;  $\rho$ - плотность;  $k$  - теплопроводность;  $Q$  - плотность внутренних источников тепла.

Для решения тепловой задачи в программе Comsol создана геометрическая модель заготовки, для которой заданы её параметры. В ней отдельно нарисована область, соответствующая скин-слою, в котором тепловыделение задается выражением:

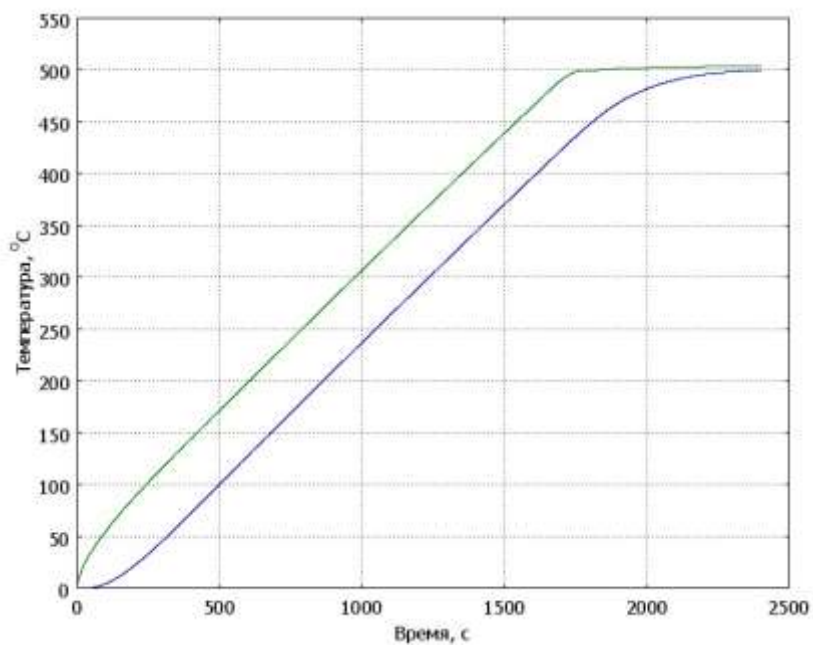
$$Q = 10000000 * (1 - \text{flc1hs}(u1 - 773,5)).$$

Выражение мощности содержит ступенчатую функцию, которая обеспечивает релейное переключение при достижении заданного значения в контрольной точке  $u1$ . Таким способом обеспечивается функционирование замкнутой системы регулирования температуры. В качестве контрольной точки выбирается угловая.

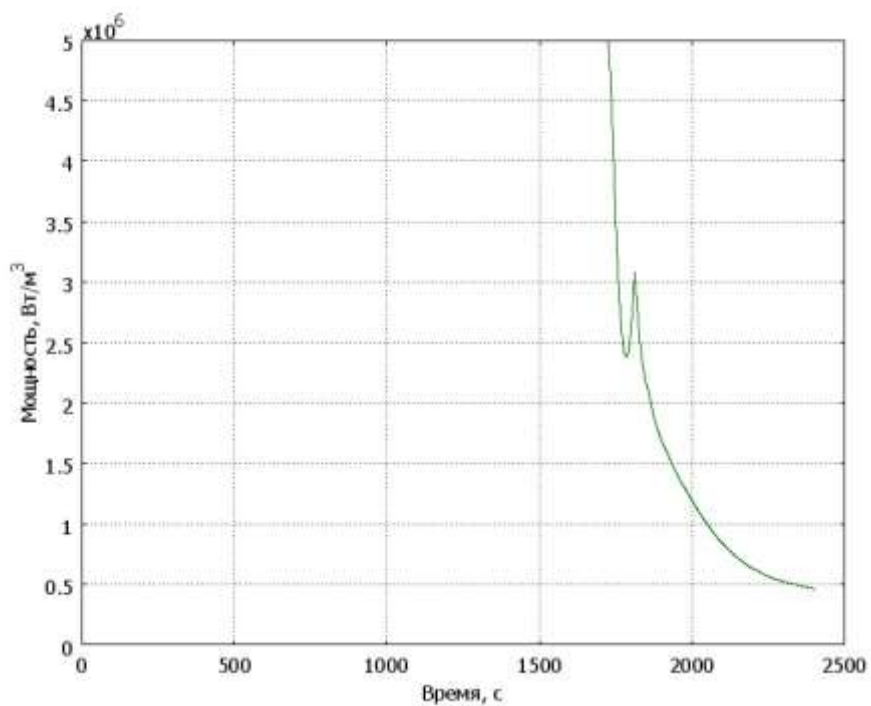
Использование отдельной задачи моделирования теплового процесса обусловлено тем, что при моделировании процесса управления индукционной установкой возникают резкие изменения мощности [2]. Применение связанной электротепловой модели в таком случае затруднительно из-за плохой сходимости вычислительного процесса. Поэтому моделирование работы системы регулирования для индукционного нагревателя периодического действия выполнено на упрощенной модели.

Расчеты выполнены при двух значениях мощности тепловыделения в загрузке - 100 кВт и 200 кВт.

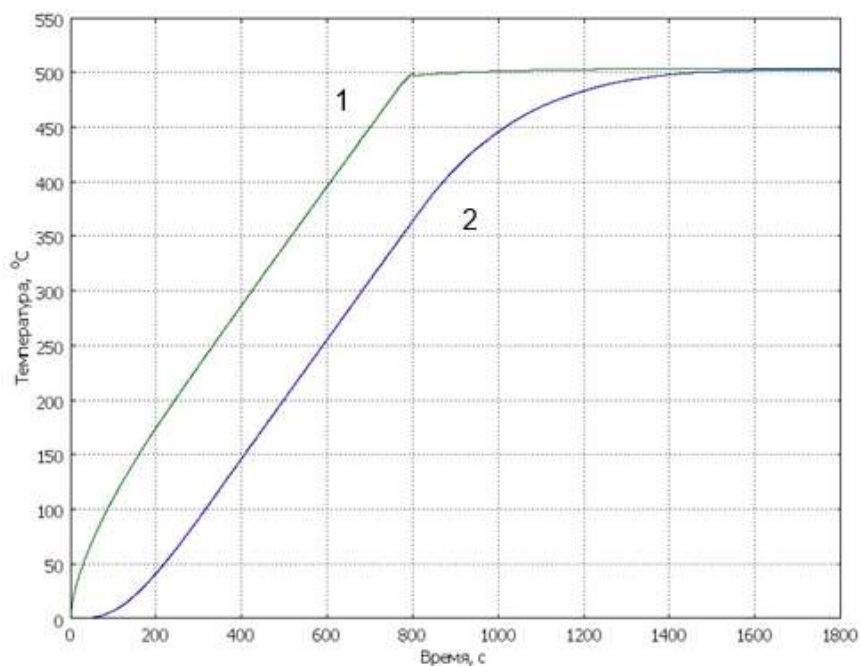
Результаты расчетов приведены на рис. 1 – 4. Из рис.1,3 следует, что заданная температура достигается за время 2400 с и 1400 с. Перепады температуры между поверхностью и осевой линией очень малы, что объясняется большим коэффициентом теплопроводности материала заготовки и малыми потерями, зависящими низкой как степенью черноты сплава алюминия.



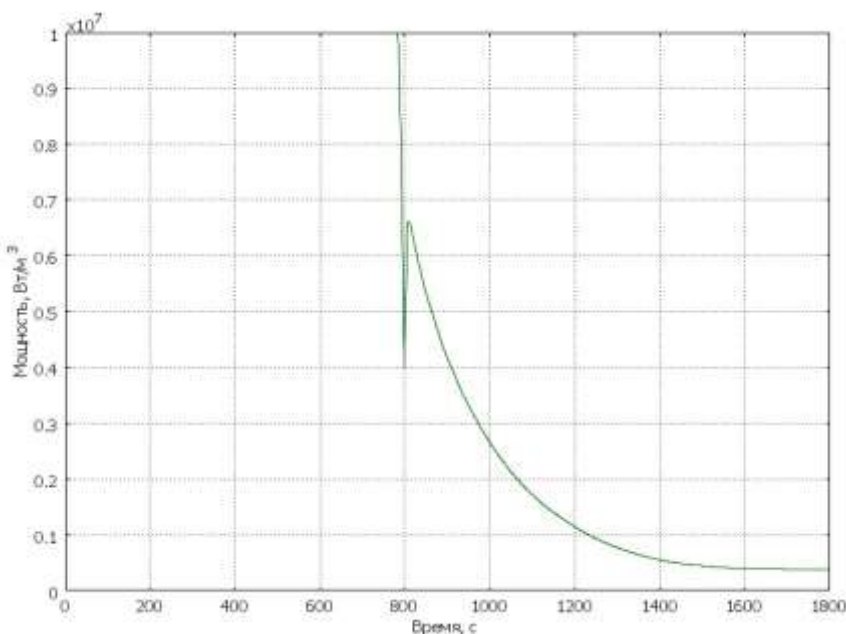
**Рисунок 1** Временные диаграммы температуры при мощности в загрузке 100 кВт: 1 -поверхность заготовки; 2- на оси заготовки



**Рисунок 2.** Временная диаграмма удельной мощности в поверхностном слое загрузки при мощности 100 кВт



**Рисунок 3. Временные диаграммы температуры при мощности в загрузке 200 кВт: 1 -поверхность заготовки; 2- на оси заготовки.**



**Рисунок 4. Временная диаграмма удельной мощности в поверхностном слое загрузки при мощности 100 кВт**

На рис.2,4 показано, как изменяется удельная мощность тепловыделения в процессе нагрева. Гладкий характер диаграмм практически не искажается релейными переключениями, хотя сама функция регулятора использует ступенчатую функцию программы Comsol. В процессе прогрева поверхностного слоя при

начальной мощности, равной 100 кВт, значение снижается в 10 раз, а при начальном значении 200 кВт снижение становится двадцатикратным.

### Электромагнитная задача

Для моделирования электромагнитных процессов в системе «индукторы – заготовки» используется линейная постановка задачи, которая описывается уравнением [1-3]:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{1}{\mu_0 r} \frac{\partial}{\partial r} (rA) \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{\mu_0} \frac{\partial}{\partial x} (A) \right) = -J$$

где:  $\omega$  - круговая частота;  $\mu$  - магнитная проницаемость материалов, определяемая как произведение относительной проницаемости на проницаемость вакуума,  $A$  - векторный магнитный потенциал,  $J$  - плотность тока внешних источников.

Расчеты выполнены в двух программах – Elcut и Comsol. Comsol позволяет провести качественные расчеты на мультифизических моделях. При этом для многовиткового индуктора задание одинакового тока предусмотрено только в режиме с нулевой электропроводностью. Это не позволяет определить потери в катушке индуктора, коэффициент полезного действия, коэффициент мощности. Недостающие расчеты выполнены с помощью программы Elcut.

В программе Elcut строится геометрическая модель заготовки и индуктора, задаются их параметры. В результате ряда расчетов подбирается длина индуктора, при которой краевые эффекты будут минимально сказываться на распределении мощности тепловыделения по длине заготовки. Определяются токи индуктора, которые будут обеспечивать мощность в загрузке 100 кВт и 200 кВт. Для окончательного варианта определены число и размеры витков индуктора, которые обеспечивают напряжение на индукторе, равное 380 В.

#### Параметры индуктора для мощности загрузки 100 кВт

ток в цепи индуктора:  $I=5400$  А;

длина индуктора:  $l=0,54$  м;



потери мощности в индукторе:  $\Delta P_{\text{и}} = 105$  кВт;

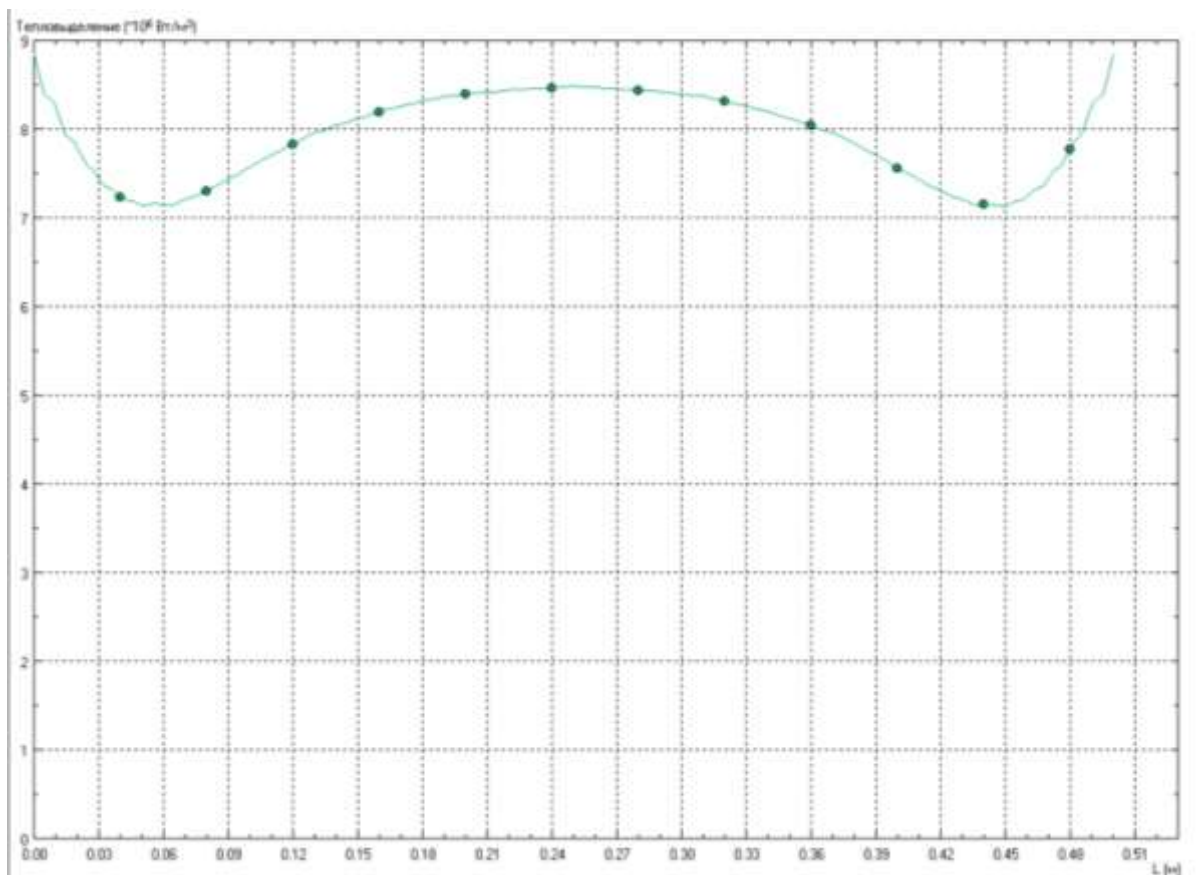
мощность, подводимая к индуктору  $P_{\text{и}} = 205$  кВт

полная мощность:  $S = U \cdot I = 380 \cdot 5400 = 2052000$  ВА;

коэффициент мощности:  $\cos\varphi = \frac{\Delta P_{\text{и}} + P_{\text{заг}}}{S} = \frac{105 + 100}{2052} = 0,1$ .

Напряжение 380 В на индукторе обеспечивается при числе витков, равном 29. Ширина трубки составляет 18 мм.

Распределение мощности тепловыделения по длине заготовки показано на рис.5. Как видно, на краях наблюдается провал мощности. Однако данная неравномерность не отразилась отрицательно на распределении температуры.



**Рисунок 5. Распределение мощности тепловыделения по длине заготовки, при мощности 100 кВт**

Аналогичная картина получена для мощности в загрузке 200 кВт.

ток в цепи индуктора:  $I=10600$  А;

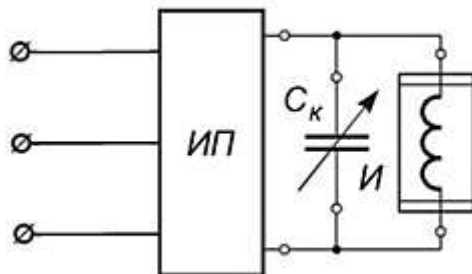
длина индуктора:  $l=0,54$  м.

мощность, подводимая к индуктору  $P_{и} = 410$  кВт.

Для напряжения 380 В индуктор должен содержать 21 виток шириной 25 мм. Диаграмма мощности на поверхности загрузки идентична представленной на рис.5 с учетом разницы в максимальном значении.

Рассмотренные варианты индукционных нагревателей обеспечивают одинаковое качество нагрева. Различие заключается в разной длительности нагрева и мощности источника питания. В обоих случаях значительное время тратится на нагрев при регулировании мощности. Если использовать прямое подключение индуктора к цеховой сети электроснабжения, то будут значительные броски тока, приводящие к снижению напряжения в сети. Кроме того, схема подключения индуктора не содержит устройств для симметрирования нагрузки, что также создает проблемы с качеством электроэнергии.

Решение указанных проблем обеспечивается при подключении индукционной установки к цеховой цепи через преобразователь частоты (рис.6).



**Рисунок 6. Функциональная схема индукционной установки**

Источник питания ИП индукционной установки (преобразователь частоты) подключается к системе электроснабжения предприятия и обеспечивает требуемую частоту тока, необходимый диапазон регулирования мощности, напряжения. Система управления осуществляет заданный алгоритм управления подводимой к индуктору мощности.

### **Заключение**

Выполненные расчеты показали эффективность рассмотренных вариантов. Более предпочтительным вариантом с точки зрения выравнивания графика

цеховой нагрузки выглядит индукционная установка с мощностью индуктора 205 кВт, у которой мощность снижается в 10 раз в процессе нагрева. При длине индуктора  $l=0.54$  м получено распределение мощности тепловыделения, при котором перепады температуры по длине заготовки достаточно равномерные. Краевые эффекты слабо отражаются на распределении температуры из-за высокой теплопроводности сплава. График мощности тепловыделения подтверждает необходимость использования плавного регулирования. САР обеспечивает достижение заданных отклонений температуры. Параметры индуктора позволяют минимизировать общее время нагрева всей заготовки.

### **Список литературы:**

1. Индукционный нагрев алюминиевых заготовок: Состояние и перспективы. Немков В.С., Демидович В.Б., Растворова И.И., Ситько П.А. / Электрометаллургия. 2013. № 2. С. 12-19.
2. Данилушкин А.И., Данилушкин В.А., Животягин Д.А. Параметрический анализ и оптимальное проектирование индукционной системы по критерию максимального коэффициента полезного действия / Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. №3. 2018. С.143-153.
3. Численное моделирование процесса проходного индукционного нагрева металла перед пластической деформацией. Турбин В.В. / Новая наука: Проблемы и перспективы. 2017. № 1-2. С. 178-180.

## СЕКЦИЯ 2.

### ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### СТАНДАРТНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЛОГАРИФМИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

*Учелькина Елена Алексеевна*

*магистрант,  
Мордовский государственный педагогический университет  
имени М.Е. Евсевьева,  
РФ, г. Саранск*

В ходе решения определённых математических задач мы сталкиваемся с логарифмами. Важно знать правила действий с ними, понимать их и научиться применять на практике. Также на практике нам нередко встречаются логарифмические уравнения. Поэтому следует научиться применять методы решения данных уравнений.

История изучения логарифмов подчеркивает неразрывную связь отдельных областей математики – алгебры, геометрии, математического анализа. Логарифм стал великим открытием, значимым для математики и дал толчок развитию математического образования.

Тема актуальна тем, что задания содержащие логарифмы встречаются в 10 – 11 классах общеобразовательных школ. Глава, в которой изучают логарифмические уравнения и неравенства, это одна из самых важнейших глав в курсе алгебры. Много заданий по данной теме встречаются в тестах ЕГЭ [2, с. 24].

Научиться решать логарифмические уравнения и неравенства должен каждый ученик, если он хочет сдать предстоящий экзамен на «хорошо» или «отлично» для сдачи ЕГЭ. Данной теме в вариантах ЕГЭ по математике посвящены задания под номер 13 и 15. Если не знать определения понятий «Логарифм», «Логарифмическое уравнение», не знать свойств логарифма и методов решения логарифмических уравнений, ученик не сможет решить и

простейшее уравнение. Для этого рассмотрим в данной статье методы решения логарифмических уравнений [5, с. 49].

В учебниках по математике теме логарифмические уравнения уделяется разное место.

В учебнике А.Н. Колмогорова Алгебра и начала анализа, 10-11 класс.[1].

Глава5. Показательная и логарифмическая функции.

§10. Показательная и логарифмическая функции.

§39. Решение логарифмических уравнений и неравенств.

В учебнике С.М. Никольского тема «Логарифмические уравнения» приведена в 6 главе и содержит следующие темы.

§6. Показательные и логарифмические уравнения и неравенства.

6.1.Простейшие логарифмические уравнения.

6.2.Уравнения, сводящиеся к простейшим заменой неизвестного.

6.3.Простейшие логарифмические неравенства.

6.4.Неравенства, сводящиеся к простейшим заменой неизвестного.

В учебнике А.Г. Мордковича тема «Логарифмические уравнения» выделена отдельным пунктом: свойства логарифмов; логарифмические уравнения; логарифмические неравенства; переход к новому основанию логарифма; дифференцирование показательной и логарифмической функций.

Приведём определение понятий логарифм, логарифмическое уравнение.

Логарифмом положительного числа  $b$  по основанию  $a$  ( $a > 0$ ,  $a \neq 1$ ) называется показатель степени  $c$ , в которую надо возвести число  $a$ , чтобы получить число  $b$ .

Логарифмическим называется уравнение, в котором неизвестное входит под знак логарифма.

Основные методы решения логарифмических уравнений: применение определения логарифма, метод потенцирования, метод введения новой переменной, переход к новому основанию, метод логарифмирования [1, с. 127].

Рассмотрим каждый метод.

1. Применение определения логарифма.

Так решаются простейшие уравнения вида  $\log_a x = b$ .

$$\log_a x = b \Leftrightarrow x = a^b.$$

Пример 1.  $\log_2(2x - 4) = 4$

Применяя определение логарифма, получается  $2x - 4 = 2^4$ .

Отсюда  $2x - 4 = 16$ ,  $x = 10$ .

## 2. Метод потенцирования.

Потенцирование, то есть переход от логарифма данного выражения к самому выражению. Решение логарифмического уравнения данным методом состоит из пяти шагов.

1 шаг. Определить ОДЗ уравнения (по определению логарифма)

2 шаг. Пропотенцировать обе части уравнения по основанию равному основанию логарифма.

3 шаг. Составить равенство подлогарифмических выражений, применив свойства логарифма.

4 шаг. Решить уравнение и проверить полученные корни по ОДЗ.

5 шаг. Записать в ответ полученные корни, удовлетворяющие ОДЗ [3, с. 89].

Пример 2.  $\log_7(3x - 1) = \log_7 2$

ОДЗ:  $3x - 1 > 0 \Leftrightarrow x > \frac{1}{3}$ .

Потенцируем исходное уравнение, получаем уравнение  $3x - 1 = 2$ .

Решаем его и получаем  $x = 1$ . Это решение подходит ОДЗ, следовательно, данное уравнение имеет корень  $x = 1$ .

## 3. Метод введения новой переменной.

Распространенным методом решения уравнений служит замена переменных (метод подстановки). Чаще всего этот метод используется, когда уравнение или неравенство является квадратным относительно функции, содержащей искомую переменную.

Рассмотрим алгоритм решения логарифмического уравнения данным методом.

1 шаг. Определить ОДЗ уравнения.

2 шаг. Ввести новую переменную.

3 шаг. Решить полученное уравнение.

4 шаг. Составить простейшие логарифмические уравнения, возвращаясь к первоначальной переменной.

5 шаг. Проверить полученные корни по ОДЗ и записать ответ.

Пример 3.  $\log_{\frac{2}{3}} x - 4 \log_2 x + 4 = 0$

ОДЗ:  $x > 0$ .

Пусть  $\log_2 x = t$ , тогда уравнение примет вид  $t^2 - 4t + 4 = 0$ .  $D = 0$ ,  $t_{1,2} = 2$ .

Вернёмся к замене  $\log_2 x = 2$ . Решив простейшее логарифмическое уравнение, получим  $x = 4$ . Данный корень удовлетворяет ОДЗ.

4. Переход к новому основанию.

Данным метод используют для решения уравнений с логарифмами различных оснований. В таких случаях удобно применять формулы перехода от одного основания к другому. Если  $a > 0$ ,  $a \neq 1$ ,  $b > 0$ ,  $c > 0$ ,  $c \neq 1$ , то верно равенство  $\log_a b = \frac{\log_c b}{\log_c a}$ .

Для решения таких уравнений первым шагом нужно найти ОДЗ. Далее применяем формулу перехода к новому основанию и решаем полученное уравнение.

Пример 4.  $\log_2 x - \log_{0,5} x = 8$

ОДЗ:  $x > 0$ .

Применим формулу перехода к новому основанию 2:  $\log_2 x - \frac{\log_2 x}{\log_2 0,5} = 8$ ;

$$\log_2 x + \log_2 x = 8;$$

$$2\log_2 x = 8;$$

$$\log_2 x = 4;$$

$$x = 16.$$

5. Метод логарифмирования.

Метод логарифмирования заключается в том, что обе части равенства или неравенства, если они положительные, можно прологарифмировать по одному основанию.

Чтобы решить логарифмическое уравнение данным методом нужно при решении применить следующие шаги.

1 шаг. Определить ОДЗ уравнения.

2 шаг. Прологарифмировать обе части уравнения по основанию логарифма в показателе степени.

3 шаг. Вынести показатель степени за знак логарифма, пользуясь свойством логарифма.

4 шаг. Решить полученное уравнение методом замены переменной.

5 шаг. Записать ответ, удовлетворяющий ОДЗ [2, с. 67].

Пример 5.  $x^{\log_3(x-2)} = 27$

$$\text{ОДЗ: } \begin{cases} x > 0 \\ x \neq 1 \end{cases}$$

Прологарифмируем обе части по основанию 3:

$$\log_3 x^{\log_3(x-2)} = \log_3 27;$$

$$(\log_3 x - 2) \cdot \log_3 x = 3;$$

$$\text{Пусть } \log_3 x = t, (t-2) \cdot t = 3;$$

$$t^2 - t - 3 = 0;$$

$$t_1 = 3, t_2 = -1.$$

Вернёмся к обозначенному:

$$\log_3 x = 3; \log_3 x = -1;$$

$$x_1 = 27. x_2 = \frac{1}{3}.$$

Оба значения принадлежат ОДЗ.

Рассмотренные и разобранные на конкретных примерах методы решения логарифмических уравнений позволяют существенно упростить, а в некоторых случаях ускорить процесс нахождения решений. Данный материал может быть использован учениками для повторения и систематизации знаний по обозначенной теме.



## Список литературы:

1. Алгебра и начала математического анализа. 11 класс : учебник для общеобразовательных учреждений : базовый и профильный уровни / Ю.М. Колягин, М.В. Ткачева, Н.Е. Федорова, М.И. Шабунин. – Москва : Просвещение, 2014. – 336 с. – ISBN 978-5-09-022250-1. – Текст : непосредственный.
2. Вергазова О.Б. Методы решения логарифмических неравенств при подготовке школьников к егэ по математике / О.Б.Вергазова. – Текст : электронный // Концепт. – 2017. – № 8. – С. 63–70. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/171010.htm>. – Дата публикации: 21.08.2017.
3. Власова А.П. Задачи с параметрами. Логарифмические и показательные уравнения, неравенства, системы уравнений. 10–11 класс : учебное пособие / А.П. Власова, Н.И. Латанова. – Москва : Дрофа, 2007. – 93 с. – ISBN 978-5-358-02392-5. – Текст : непосредственный.
4. Гейдман Б.П. Логарифмические и показательные уравнения и неравенства : учебное пособие / Б.П. Гейдман. – Москва : МЦНМО, 2003. – 48 с. – ISBN 5-94057-099-2. – Текст : непосредственный.
5. Голованова Л.В. Показательные и логарифмические уравнения и неравенства : учебное пособие / Л.В. Голованова, С.А. Еленев, Н.В. Игнатьева. – Москва : Информ-Софт, 2008. – 44 с. – ISBN 978-5-8037-0422-5. – Текст : непосредственный.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

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

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

№ 2 (47)  
Февраль 2022 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+

