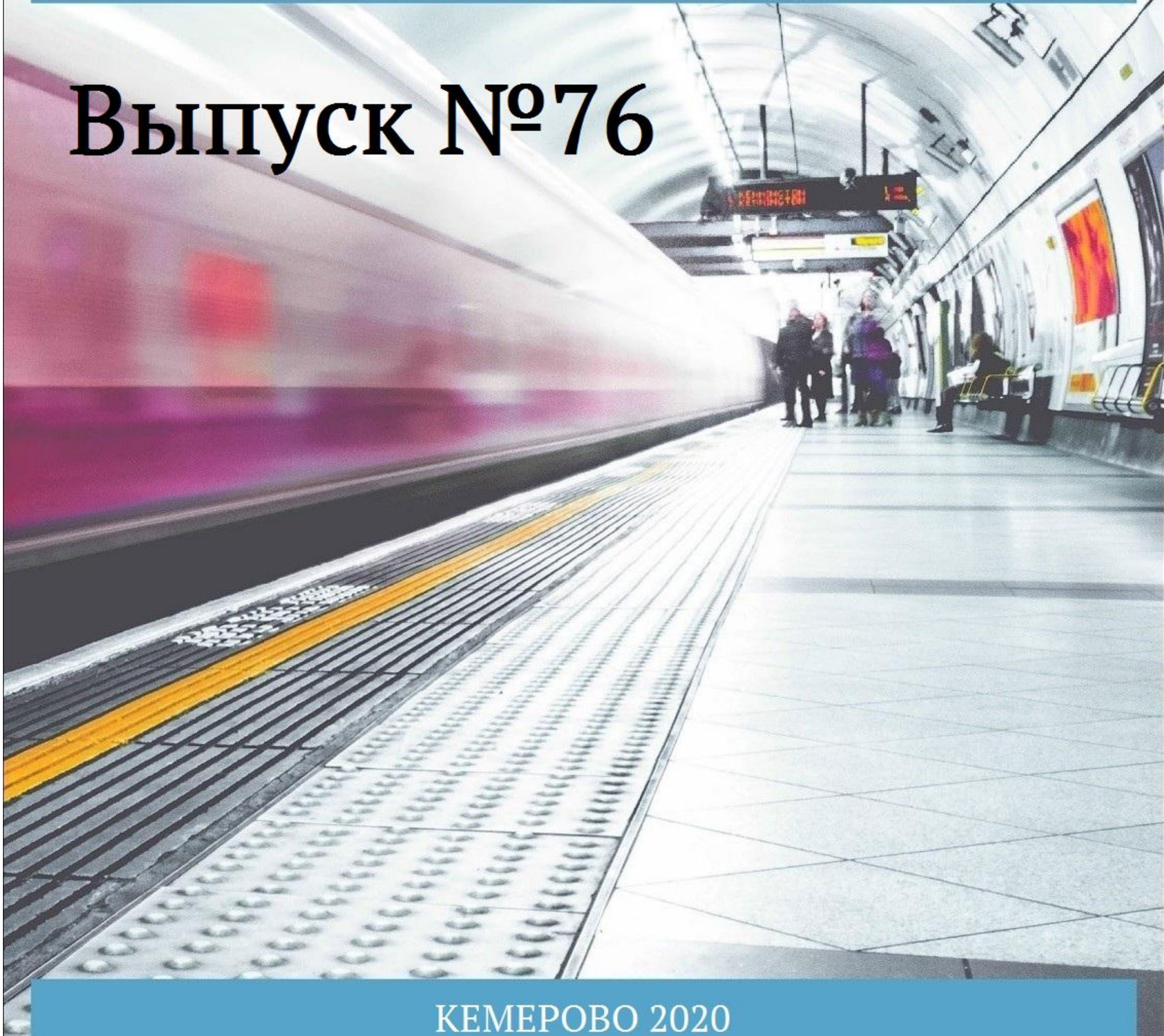
# ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на www.t-nauka.ru

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" www.idpluton.ru

## Выпуск №76



КЕМЕРОВО 2020

27 апреля 2020 г.
ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431
ISSN 2500-1132
УДК 378.001
Кемерово
Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на www.idpluton.ru

За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.



Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru
Подписано в печать 27.04.2020 г. Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 2.2. | Тираж 500.

Содержание

**Яхиев Тимур Джамилевич**
студент 4 курса Энергетического факультета Ульяновского государственного технического университета г.Ульяновск, Ульяновская область, Россия.
**Yahiev Timur Jamilevich**
4th year student of the Energy Department of the Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Ulyanovsk Region, Russia. E-mail: woody173rus@gmail.com

**Федюков Валерий Владимирович**
Научный руководитель
преподаватель Энергетического факультета Ульяновского государственного технического университета г.Ульяновск, Ульяновская область, Россия.
**Fedyukov Valery Vladimirovich**
Scientific adviser
Lecturer, Energy Department, Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Ulyanovsk Region, Russia. E-mail: valera_fedyukov@mail.ru

УДК 621.316.542

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

# RESEARCH ON THE DESIGN OF LOW-VOLTAGE SWITCHES

**Аннотация:** В данной статье рассматривается конструкция низковольтных выключателей.
**Abstract**: This article discusses the design of low-voltage switches.
**Ключевые слова:** выключатели, конструкция, низковольтный.
**Keywords**: switches, construction, low-voltage.

## Введение

Автоматический выключатель (в дальнейшем – выключатель) — это контактный коммутационный аппарат, который предназначен для включения и отключения (т.е. для коммутации) электрической цепи, защиты кабелей, проводов и потребителей (электрических приборов) от токов перегрузки и от токов короткого замыкания.

## Основной раздел

### Конструкция.

Выключатель состоит из неподвижных и подвижных контактов. Эти контакты касаются друг друга и проводят ток в нормальных условиях, когда цепь замкнута. Когда выключатель замкнут, токонесущие контакты, называемые электродами, зацепляются друг с другом под давлением пружины.

В нормальном рабочем состоянии плечи выключателя могут быть открыты или закрыты для переключения и технического обслуживания системы. Для размыкания выключателя требуется только давление на триггер.

Всякий раз, когда происходит сбой в какой-либо части системы, катушка отключения выключателя получает питание, и подвижные контакты разъединяются каким-либо механизмом, тем самым размыкая цепь.

Основной автоматический выключатель состоит из простого выключателя, подключенного либо к биметаллической полосе, либо к электромагниту. Биметаллическую пластину, как и электромагнит, включают в цепь последовательно. Если через автоматический выключатель протекает ток выше номинального, пластина начинает нагреваться. При длительном протекании превышающего тока пластина деформируется вследствие нагрева, и воздействует на механизм расцепителя . При возникновении в цепи короткого замыкания электромагнит , мгновенно втянет сердечник и этим тоже воздействует на расцепитель, который разомкнет цепь. Также данный тип автомата отключается вручную путем нажатия кнопки 4, а включение только ручное путем нажатия кнопки

К клеммам (обычно верхним, на практике не имеет особого значения) подключается питания, к клеммам на противоположной стороне подключается нагрузка. Ток проходит через силовые контакты, катушку электромагнитного разъединителя, тепловой разъединитель.

Горячий провод в цепи соединяется с двумя концами выключателя. Когда переключатель находится в положении «включено», электричество может течь от нижней клеммы, через электромагнит, до подвижного контакта, через стационарный контакт и наружу к верхней клемме.

Электричество намагничивает электромагнит. Увеличение тока повышает магнитную силу электромагнита, а уменьшение тока снижает магнетизм. Когда ток переходит на небезопасный уровень, электромагнит достаточно силен, чтобы опустить металлический рычаг, соединенный с тягой переключателя. Вся связь смещается, отклоняя движущийся контакт от неподвижного контакта, чтобы разорвать цепь. Электричество отключается.

Электромагнитная защита выполнена в виде катушки из медного провода, она намотана на каркасе, внутри которого расположен подвижный сердечник. Катушке содержит от нескольких единиц до пары десятков витков, в зависимости от её номинального тока. При этом, чем меньше номинальный ток, тем больше витков и меньше сечение провода катушки.

При протекании тока через катушку вокруг неё образуется магнитное поле, которое воздействует на подвижный сердечник внутри. В результате чего он выдвигается и толкает рычаг, в результате чего силовые контакты размыкаются. Если смотреть на рисунке – то рычаг находится ниже катушки, и когда её сердечник опускается – механизм приводится в действие.

Тепловая защита нужна для длительных превышений тока. Она представляет собой биметаллическую пластину, которая при нагреве изгибается в одну из сторон. При достижении критического состояния она толкает рычаг, и контакты разъединяются.

Принцип действия трехфазных автоматических выключателей практически ничем не отличается от однофазных. Трехфазные выключатели снабжаются специальными дугогасительными камерами или катушками, в зависимости от мощности устройств.

Дугогасительная камера нужна для гашения дуги, которая возникает вследствие размыкания цепи под нагрузкой.

Процесс дугообразования зависит от характера нагрузки и её величины. При этом при отключении индуктивной нагрузки (электродвигатель) возникают более сильные дуги, чем при коммутации активной нагрузки. Газы, образовавшиеся в результате её горения, отводятся через специальный канал. Это в разы повышает срок службы силовых контактов.

Дугогасительная камера состоит из набора металлических пластин и диэлектрических крышек. Заключение Раньше автоматические выключатели ремонтировали, и можно было собрать из нескольких один нормально функционирующий. Была возможность отрегулировать и заменить силовые контакты и другие его узлы.

## Характеристики

Номинальное рабочее напряжение - рабочее напряжение, на которое рассчитан автоматический выключатель. Один выключатель может быть рассчитан на несколько напряжений или может быть совместим как с переменным, так и с постоянным напряжением.

Напряжение, при котором выключатель испытывается в лабораторных условиях. В целях безопасности это значение всегда выше номинального напряжения называется номинальное напряжение изоляции.

Максимальное пиковое напряжение, которое может выдержать автоматический выключатель без повреждений. Номинальное импульсно-выдерживаемое напряжение часто имеет значение в несколько тысяч вольт.

Максимальный ток, который допускает автоматический выключатель без отключения называется номинальный ток. Все, что выше этого значения, в конечном итоге приведет к отключению. Низкие уровни максимального тока отключают тепловую защиту в течение нескольких минут, а резкие пики тока (неисправность линии, короткое замыкание) вызывают мгновенное отключение.

Самый большой ток короткого замыкания (сервисная разрывная мощность), который автоматический выключатель может прервать, не понеся повреждений..

Максимальный ток повреждения, который может прервать автоматический выключатель. Тем не менее, устройство постоянно повреждено при всех токах повреждения выше отключающей способности.

## Заключение

В данной статье рассмотрели конструкцию низковольтных выключателей.

**Библиографический список:**

1. Интернет-источник: https://leg.co.ua/ Режим доступа 27.04.2020
2. Интернет-источник: https://elenergi.ru Режим доступа 27.04.2020
3. Интернет-источник: http://electrik.info/ Режим доступа 27.04.2020

**Петров Василий Силантьевич**
**Petrov Vasily Silantievich**
Алтайский государственный аграрный университет, к.т.н., доцент

**Петрова Марина Васильевна**
**Petrova Marina Vasilievna**
Алтайский государственный аграрный университет, к.э.н., доцент

УДК 626.548.41.6

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСКОВЫХ ВОЗДУШНЫХ ВИНТОВ В АВИАЦИИ

# TECHNICAL PECULIARITY AND EFFECTIVENESS OF USING OF DISK AIR SCREWS IN AVIATION

**Аннотация.** В статье проведен сравнительный анализ технических особенностей дисковых воздушных винтов самолета и вертолета, повышающих эффективность при их использовании по сравнению с пропеллерными винтами современной авиатехники.

**Abstract** In this article realized comparative analysis of technical peculiarity of disk air screws of aircraft and helicopter that raise effectiveness by use there with compare from propeller screws or modern air technique.

**Ключевые слова:** лопасть; воздушный поток; ось вращения ветроколеса; воздушный винт самолета; несущий винт вертолета; авиатехника; эффективность.

**Key words:** the blade; air flow; the axis of rotation of the propeller; disk air screw of aircraft; drifty screw of helicopter; air technique; the effectiveness.

История развития авиации в России свидетельствует о двух направлениях совершенствования конструкции самолетов, базирующихся на числе двигателей (одно-, двух-, четырехмоторные) и количестве лопастей на каждом двигателе (двух-, трех-, четрырехлопастные) пропеллерного типа. Такие лопасти малой площади требуют больших оборотов двигателей для обеспечения необходимой мощности за счет воздушной тяги.

Для эффективной воздушной тяги винтов самолета и вертолета требуется увеличение ометаемой лопастями площади (диаметр) и количества лопастей, оцениваемой геометрическим заполнением, равным отношению площади проекции лопастей на плоскость, перпендикулярную воздушному потоку, к ометаемой площади. [1] Отсюда следует, что мощность, развиваемая на валу воздушного винта самолета, зависит от его диаметра, числа лопастей, их формы и профиля. Однако увеличение диаметра винта при постоянном числе лопастей пропеллерного типа в геометрической прогрессии снижает геометрическое заполнение ометаемой площади лопастями.

В ветродвигателе сила генерируется лопастями при взаимодействии с воздушным потоком. Каждая лопасть ветроколеса с учетом её размера, рабочей площади и месторасположения по отношению к оси вращения (плечо силы) обеспечивает суммарный крутящий момент на валу ветродвигателя. Следует отметить, что набегающий воздушный поток к ветродвигателю условно можно разделить на три зоны воздействия на его лопасти: центральную, среднюю и периферийную. При этом воздушный поток наиболее эффективно воздействует на лопасти ветроколеса в периферийной зоне, где радиус (плечо силы) наибольший для создания крутящего момента на валу ветродвигателя. [2]

С целью устранения недостатков современных малолопастных винтов пропеллерного типа можно применить дисковый воздушный винт самолета с большим геометрическим заполнением ометаемой площади независимо от диаметра, обеспечивая высокую производительность по воздушной тяге.

Воздушный винт самолета содержит многолопастное дисковое колесо с наружной и внутренней обечайками, между которыми расположены лопасти с возрастающим углом атаки воздушному потоку. [3] Лопасти выполнены из плоскости диска толщиной 2…4 мм методом разрезания его по линиям радиусов на секторы с принятой длиной дуги в метрах (0,2…0,5 м) по расчетному числу лопастей (8…20) до линии отгиба (по или против часовой стрелки) в зависимости от направления вращении воздушного винта. Расчетный диаметр винта определяется по длине окружности диска произведением числа лопастей на длину дуги сектора в метрах. Отгибанием части плоскости сектора по линии отгиба, параллельной радиусу сектора, навстречу воздушному потоку формируется лопасть самолета с плоской стойкой жесткости и подлопастным окном на плоскости диска.

Основной особенностью многолопастного дискового воздушного винта самолета является высокое геометрическое заполнение ометаемой площади лопастями большой рабочей площади, что значительно повышает воздушную нагрузку на винт и тягу, способствует снижению оборотов двигателя при рабочих и экстремальных нагрузках, уменьшает его износ, повышает надежность, срок эксплуатации и коэффициент полезного действия.

Более существенные особенности имеет дисковый многолопастный несущий винт для вертолета [4] с большим геометрическим заполнением ометаемой площади лопастями вертолета, обеспечивая высокую парусность как степень взаимодействия его с воздушным потоком (ветром), значительно повышая коэффициент использования энергии ветра.

Несущий винт вертолета содержит вертикальный вал, на котором закреплено многолопастное дисковое колесо с внутренней и наружной обечайками, между которыми расположены лопасти с возрастающим углом атаки воздушному потоку в количестве, равном длине наружной обечайки в метрах. Лопасти выполнены из плоскости диска толщиной 2…4 мм методом вырезания их контуров по линиям радиусов и окружностей наружной и внутренней обечаек с последующим отгибом большей части сектора навстречу воздушному потоку при механическом вращении винта от двигателя вертолета. Диаметр наружной обечайки несколько меньше диаметра диска, что обеспечивает достаточную жесткость несущего винта. В центральной зоне к внутренней обечайке крепится съёмный конусный направитель воздушного потока, а лопасти связаны блокирующим кольцом, расположенном на расстоянии одной трети длины лопасти от наружной обечайки.

Основной особенностью многолопастного дискового несущего винта является высокое геометрическое заполнение ометаемой площади лопастями, что значительно повышает его парусность и вертолета в целом при вынужденной аварийной посадке. В такой ситуации дисковый несущий винт частично выполняет роль парашюта для вертолета, который, снижаясь с пониженной скоростью в режиме авторотации при вращении винта за счет энергии набегающего воздушного потока, предотвращает «жесткое» падение и тяжесть аварийных последствий.

**Библиографический список:**

1. Ветроэнергетика. – М.: Энергоиздат, 1982. – 272 с.
2. Петров В.С., Петрова М.В. Совершенствование конструкции ветродвигателя с горизонтальной осью вращения ветроколеса // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей XI Международной научно-практической конференции: в 3 книгах / Алтайский государственный аграрный университет. - Барнаул, 2016. - Кн. 3. - С. 39-41.
3. Петров В.С. «Воздушный винт самолета» / Патент RU № 2679695 / В.С. Петров; опубликовано: 12.02.2019 г.; Бюл. № 5.
4. Петров В.С. «Несущий винт вертолета» / Патент RU № 2651013 / В.С. Петров; опубликовано: 18.04.2018 г.; Бюл. № 11.

**Курочкина Ю.В., Носков М.Ф.**
Саяно-Шушенский филиал СФУ, г. Саяногорск, рп. Черёмушки
**Kurochkina Yu.V., Noskov M.F.**
Sayano-Shushensky branch of Siberian Federal University, Sayanogorsk, rp. Cheryomushki

УДК 620.92

# РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ГИДРИДНОЙ ГЕЛИО-ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

# DEVELOPMENT OF A HYDRO HELIO-HYDRO POWER PLANT PROJECT IN THE KRASNOYARSK TERRITORY

**Аннотация.** В настоящее время, около 70% территории нашей страны имеет децентрализованное электроснабжение, не исключением является и Красноярский край. Во многих поселениях электроснабжение осуществляется от дизельных электростанций (ДЭС) на время 3-4 часа в сутки. Основной причиной отсутствия стабильного электроснабжения являются протяжённые территории. Площадь Красноярского края составляет 2 340 000 км², как правило, малые населённые пункты находятся за сотни километров от районных центров. Считается, что себестоимость 1 километра ЛЭП варьируется в пределах от 30000 до 500000 рублей, тем самым строительство ЛЭП оказывается нерентабельным на большое расстояние. Но и с поставкой топлива для ДЭС возникает ряд проблем, доставку топлива необходимо осуществлять в летнее время, так как в зимний период из-за обильного снега и частых ветров может нарушиться транспортное сообщение. Кроме того, средняя цена за 1 тонну топлива составляет 25 тыс. рублей, а себестоимость электроэнергии, выработанной на ДЭС, составляет 19-40 рублей за кВт·ч. Высокая себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на ДЭС, говорит о проблеме и требует детального рассмотрения вопроса энергообеспечения децентрализованных районов Красноярского края.

**Abstract:** Currently, about 70% of the territory of our country has a decentralized electricity supply, and the Krasnoyarsk territory is no exception. In many localities, electricity is supplied from diesel power plants (DPS) for 3-4 hours a day. The main reason for the lack of stable electricity supply is the long territories. Krasnoyarsk territory covers an area of 2,340,000 km2, and small localities are usually located hundreds of kilometers from regional centers. It is believed that the cost of 1 kilometer of power lines ranges from 30,000 to 500,000 rubles, so the construction of power lines over long distances is unprofitable. However, there are a number of problems with the supply of fuel for DES. fuel delivery should be carried out in the summer, since in winter, due to heavy snowfall and frequent winds, transport links may be disrupted. In addition, the average price for 1 ton of fuel is 25 thousand rubles, and the cost of electricity generated at the DES is 19-40 rubles per kilowatt-hour. The high cost of electricity generated at the DES indicates the existence of a problem and requires detailed consideration of the issue of power supply to decentralized areas of the Krasnoyarsk territory.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, гидроэнергетика, гибридные электростанции, возобновляемая энергетика, солнечная инсоляция, малая энергетика, децентрализованное электроснабжение.

**Key words:** solar energy, hydropower, hybrid power plants, renewable energy, solar insolation, small energy, decentralized electricity supply.

Качественное, надёжное и экономически эффективное энергоснабжение позволит создать устойчивое развитие народного хозяйства. Традиционные источники энергии могут обеспечить качество энергии и надежность энергоснабжения, но рост затрат снижает экономическую эффективность. Чтобы повысить систему эффективности нужно сократить затраты на потребляемую энергию. Рациональное сочетание потребляемых энергоресурсов в системе энергоснабжения с использованием ВЭИ может стать большим шагом на пути решения данной проблемы [1].

В Красноярском крае наиболее перспективным направлением ВЭИ является солнечная и гидроэнергия. Уровень солнечной инсоляции на территории Красноярского края велик, валовый потенциал за год в центральной и южной части края для широты 57°-58° достигает 1200 кВт·ч/кв.м за год, при таком уровне потенциала есть возможность в эксплуатации гелиосистем в течении всего года [2]. Если отнести валовый потенциал к административным единицам, то наибольшим потенциалам обладают: Шушенский, Ермаковкий, Каратузский, Балахтинский районы Красноярского края. Гидроресурсы Красноярского края используются для обеспечения электроснабжения в очень малом объеме, доля использования альтернативных источников гидроэнергетики менее 0,01%. Общее количество рек в Красноярском крае составляет 204 тыс. Большинство населённых пунктов располагается по берегам рек, поэтому возможен большой выбор населённых пунктов для реализации проекта гидроэлектростанции для снабжения населённых пунктов. Также, как и солнечную энергию, гидроэнергию отнесём к административным единицам и составим рейтинг районов, обладающих наибольшим валовым и техническим потенциалом районов. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Энергетические показатели водных ресурсов

| Район | Валовая мощность, МВт | Техническая мощность, МВт | Рейтинг района |
|---|---|---|---|
| Курагинский | 22659,14 | 19554,84 | 1 |
| Назаровский | 7 370,74 | 6 360,95 | 2 |
| Большемуртинский | 6 968,68 | 6 013,97 | 3 |
| Каратузский | 6 929,91 | 5 980,51 | 4 |
| Абанский | 6 709,13 | 5 789,98 | 5 |
| Новосёловский | 6 118,16 | 5 279,97 | 6 |
| Саянский | 5 443,08 | 4 697,38 | 7 |
| Большеулуйский | 4 706,81 | 4 061,98 | 8 |
| Сухобузимский | 4 696,07 | 4 052,71 | 9 |
| Рыбинский | 4 012,49 | 3 462,78 | 10 |
| Партизанский | 3 877,40 | 3 346,20 | 11 |
| Шушенский | 3 566,62 | 3 077,99 | 12 |
| Ермаковский | 2 832,56 | 2 444,50 | 13 |
| Манский | 2 714,92 | 2 342,98 | 14 |
| Балахтинский | 2 003,25 | 1 728,80 | 15 |

В ходе анализа наиболее перспективными районами для реализации проекта гибридной гелио-гидроэлектростанции являются районы: Ермаковский, Балахтинский, Курагинский. Отдадим своё предпочтение Балахтинскому району, а именно посёлку Огур [4]. В Балахтинском районе развито сельское хозяйство, животноводство (овцеводство и крупный рогатый скот), в п. Огур располагаются пункты первичной переработки сельхозпродукции, жилые дома и объекты инфраструктуры. Географическое расположение посёлка может позволить с относительно небольшими затратами построить плотину, ограничивающее небольшое по площади водохранилище [3].

Предлагается строительство мини-ГЭС на основе энергоблоков фирмы «ИНСЭТ» МГЭС-50Пр. Российская компания «МНТО ИНСЭТ» специализируется на разработке, серийном изготовлении, комплексной поставке и монтаже гидроагрегатов для малых ГЭС, у данной компании есть опыт в адаптации МГЭС, а самое главное в эксплуатации ГЭС на территории с суровыми климатическими условиями.

В качестве солнечного элемента выбираем RZMP «Фотоэлемент-Р2» характеристики которого представлены в таблице 2. Данный модуль имеет ряд преимуществ:

- В стекле модуля содержится низкое содержание оксида железа, что обеспечивает высокую прозрачность и высокий КПД модуля;
- Поверхность стекла текстурирована, что обеспечивает повышенную выработку энергии вследствие более эффективного собирания диффузного и прямого излучения;
- Стекло модуля проходит закалку, что позволяет повысить прочность модуля от повреждений при воздействии ветра, льда, снега и града;

- Для надёжной защиты модуля от климатических условий применяется технология низкой паропроницаемости тыльного покрытия. Высокая теплопроводность покрытия позволяет повысить выработку энергии за счёт лучшего охлаждения модуля;

- Все кабели и разъёмы сертифицированы, что позволяет легко собирать и монтировать модули, следовательно сокращаются затраты при установке, а также повышается безопасность при эксплуатации;

-В данном модуле применяется особая конструкция соединительной коробки с вмонтированным в крышку диодом, что позволит легко заменить диод без демонтажа модуля при выходе его из строя;

- Срок службы 25 лет;

- Каждый модуль имеет паспорт с отметками контроля качества;

- менеджмент качества производства сертифицирован.

В районе гибридной станции предлагается установить ТП 0,4/6,0 кВ, повышающую напряжение генераторов 0,4 кВ до 6 кВ. Для предотвращения аварийных режимов с отключением всех энергоблоков рекомендуется установка РУ с выключателями 0,4 кВ. От РУ напряжение передается на повышающий трансформатор 0,4/6,0 кВ. От повышающего трансформатора до населенного пункта прокладывается кабельная линия 6 кВ протяженностью 2–

3 км до РУ ДЭС. Существующая ДЭС имеет рабочую шину 6 кВ. К данной

шине подключается кабельная линия от РУ МГЭС. Учитывая небольшое расстояние между гибридной станцией и потребителем (0,5–1,0 км) и достаточно малую протяженность поселка, возможно исключение ТП из схемы распределения электроэнергии. Это позволит сэкономить 600–700 тыс. руб. Следует рассмотреть вариант установки двух рукавных МГЭС по 50 кВт каждая, с раздельным электропитанием потребителей посёлка. Поскольку длина рукавов с учетом профиля местности не превысит 50–80 м, стоимость установки снизится еще на 1,0–1,5 млн руб.

Собственные нужды: система возбуждения, гидравлика, автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) и другие сопутствующие узлы. Собственные нужды МГЭС могут составлять от 0,1 до 2,0 % от вырабатываемой мощности. Оставшаяся мощность передается потребителю. Избыточную мощность МГЭС (например, в ночное время; при снижении нагрузки у потребителя) рекомендуется направлять в бойлерную (котельную) для подогрева воды системы отопления. Такое техническое решение позволит повысить энергоэффективность и сократить срок окупаемости. Мини-ГЭС работает параллельно с солнечной электростанцией. Эксплуатация такой станции осуществляется с помощью

АСУ ТП. Задача АСУ ТП – оптимально распределить нагрузку между генераторами для достижения наибольшего экономического эффекта от внедрения МГЭС.

Таблица 2- Технические характеристики фотоэлемента RZMP «Фотоэлемент-Р2»

| | |
|---|---|
| Номинальная пиковая мощность | 290,0 |
| Минимальная пиковая мощность при поставке, Вт, не менее | 290,0 |
| Напряжение в точке МРР, А | 31,8 |
| Ток в точке МРР, А | 9,17 |
| Напряжение хх, В, не менее | 39,1 |
| Ток кз, А, не менее | 9,85 |
| КПД модуля, % | 18,9 |
| Температурные коэффициенты | α ($I_{кз}$)=0,0042; β ($U_{хх}$)=-0,318;γ ($P_{пм}$)=-0,427 |
| NOCT,$^{o}$C | 45,8 |
| Общая площадь, м$^2$ | 1,55 |
| Габаритные размеры, мм | 1610(±2) х 970 (±2) х 43 (±1) |
| Масса, кг | 21,5 |
| Лицевая поверхность | Стекло закалённое текстурированное 3,1 мм |
| Фотоэлектрические преобразователи | 60 шт., монокристаллические кремниевые 6,2" (157х156 мм) |
| Герметизация элементов | Плёнка EVA SV15296/15297, Sveck |

| | |
|---|---|
| | PV New Material Co |
| Соединительная коробка | PV-AD 200 (с кабелем 700 мм, сечение 4 мм$^2$), совместимо с контактной системой МС-4 |
| Допускаемая нагрузка, Па | 2400 |
| Рабочая температура, $^o$ С | От минус 40 до 85$^o$ С |
| Системное напряжение, В | 1000 |

Внедрение гелио-гидроэлектростанции в пос. Огур сам по себе является инновацией в развитии энергетики России. На сегодняшний день не существует аналогичных действующих установок. Предлагаемая станция будет положительным примером экономии расхода углеводородов, снижения парникового эффекта в России и сможет привлечь к себе большое внимание специалистов-энергетиков и общественности, а при распространении подобных проектов на другие районы Сибири и Дальнего Востока способствовать повышению комфорта жизни местного населения.

**Библиографический список:**

1. Безруких П.П., Дегтярев В.В., Елистратов В.В., Панцхава Е.С., Петров Э.С., Пузаков В.Н., Сидоренко Г.И., Тарнижевский Б.В., Шпак А.А., and Ямпольский А.А. Справочник по ресурсам ВИЭ России и местным видам топлива. Москва: ИАЦ "Энергия", 2007. 272 pp.

2. СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик» . – М .: Госстандарт, 1983, 48 с.

3. СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик» . – М .: Госстандарт, 1983, 48 с.

4. «ОЦЕНКА ПРОБЛЕМ НАДЕЖНОСТИ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ»- Храмцова А.П., Носков М.Ф. В сборнике: Гидроэлектростанции в XXI веке сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов. 2019. С. 49-53.

**Стаценко Игорь Викторович**
**Statsenko Igor Viktorovich**
Кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики
Московский энергетический институт

УДК 511

## ГАРМОНИЧЕСКАЯ «ПРИРОДА» И ОБЩЕЕ РЕШЕНИЕ ВЫРОЖДЕННОГО ГИПЕРГЕОМЕТРИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С ЦЕЛЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

## HARMONIC "NATURE" AND THE GENERAL SOLUTION OF A DEGENERATE HYPERGEOMETRIC EQUATION WITH INTEGER COEFFICIENTS

**Аннотация.** В статье рассматривается один из вариантов формирования вырожденного гипергеометрического уравнения с целыми коэффициентами на основе решения задачи анализа асимптотики целочисленных матричных структур гармонического происхождения. Кроме того, представлено общее решение данного вида уравнений.

**Abstract.** The article considers one of the variants of forming a degenerate hypergeometric equation with integer coefficients based on solving the problem of analyzing the asymptotics of integer matrix structures of harmonic origin. In addition, a General solution of this type of equation is presented.

**Ключевые слова:** вырожденное гипергеометрическое уравнение, гармонические числа, целочисленные матричные структуры, асимптотические экспоненциально-интегральные закономерности.

**Keywords:** degenerate hypergeometric equation, harmonic numbers, integer matrix structures, asymptotic exponential-integral regularities.

### 1. Гармоническая «природа» вырожденного гипергеометрического уравнения с целыми коэффициентами

Рассмотрим следующее дифференциальное уравнение:

$$xy'' + xy' + (1-k)y = 0, \qquad k = 1,\ 2,\ 3,\ ...,\ Z \tag{1}$$

Уравнение (1), где неизвестной является функция $y = y(x)$, называется вырожденным гипергеометрическим. Возможны различные варианты формирования данного уравнения. В основу одного из таких вариантов положены закономерности асимптотики гипергармонических чисел специального вида, названных мультигармоническими . Ранее в книге [1] Дж. Конвея и Ричарда Гая было введено понятие гипергармонического числа $H_n^{(r)}$:

$$H_n^{(r)} = \sum_{k=1}^{n} H_k^{(r-1)}, \qquad r \geq 2 . \tag{2}$$

где $H_n^{(1)} = \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{k}$ - гармоническое число.

Ряд других авторов [1-4] развили теорию гипергармонических чисел.

Рассмотрим числа вида:

$$\hat{H}_n^{(r)} = \sum_{k_1=r}^{n} \frac{1}{k_1} \sum_{k_2=r-1}^{k_1-1} \frac{1}{k_2} \sum_{k_3=r-2}^{k_2-1} \frac{1}{k_3} ... \sum_{k_{r-1}=2}^{k_{r-2}-1} \frac{1}{k_{r-1}} \sum_{k_r=1}^{k_{r-1}-1} \frac{1}{k_r}, \tag{3}$$

где $r$ - порядок числа, $r \in Z^+$, $n$ - номер числа в $r$ -ом порядке, $\hat{H}_n^{(0)} \equiv 1$.

Первые три порядка чисел с номером $n$ имеют вид:

$$\hat{H}_n^{(1)} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{i}, \quad \hat{H}_n^{(2)} = \sum_{j=2}^{n} \left[ \frac{1}{j} \sum_{i=1}^{j-1} \frac{1}{i} \right], \hat{H}_n^{(3)} = \sum_{k=3}^{n} \left[ \frac{1}{k} \left[ \sum_{j=2}^{j-1} \frac{1}{j} \sum_{i=1}^{j-1} \frac{1}{i} \right] \right]. \tag{4}$$

Учитывая очевидные тождества:

$$\sum_{j=2}^{n}\left[\frac{1}{j}\sum_{i=1}^{j-1}\frac{1}{i}\right]\equiv\sum_{j=2}^{n}\sum_{i=1}^{j-1}\frac{1}{ij},\quad \sum_{k=3}^{n}\left[\frac{1}{k}\left[\sum_{j=2}^{k-1}\frac{1}{j}\sum_{i=1}^{j-1}\frac{1}{i}\right]\right]\equiv\sum_{k=3}^{n}\sum_{j=2}^{k-1}\sum_{i=1}^{j-1}\frac{1}{ijk},$$

и мультипликативный вид переменных в знаменателе под знаками суммирования, числа $\hat{H}_n^{(r)}$, $r\geq 2$ можно назвать мультигармоническими.

Числа вида (3) несколько отличаются от гипергармонических (2) по величине нижнего и верхнего индекса суммирования. Перечислим основные свойства данных чисел:

$$\sum_{n=1}^{\infty}\hat{H}_n^{(r)}=\infty. \tag{5}$$

$$\hat{H}_n^{(r)}=\hat{H}_{n-1}^{(r)}+\frac{1}{n}\hat{H}_{n-1}^{(r-1)};\quad \forall k\ \ \hat{H}_k^{(0)}\equiv 1. \tag{6}$$

$$\sum_{r=1}^{n}(-1)^{r+1}\hat{H}_n^{(r)}=1. \tag{7}$$

$$\sum_{n=1}^{k}\left[\sum_{m=0}^{k-1}\left[(-1)^{m+n+1}\frac{\hat{H}_m^{(n-1)}}{m!}\right]\right]=1, \tag{8}$$

где $\forall m\ \ \hat{H}_m^{(0)}\equiv 1;\quad \forall s:s\geq 1\ \ \hat{H}_0^{(s)}\equiv 0;\quad k=1,2,3,\ldots;\quad n=1,2,3,\ldots,k$.

$$n!\hat{H}_n^{(r)}\in N. \tag{9}$$

где $N$ - множество натуральных чисел.

Рассмотрим треугольную матрицу $X$ с элементами $x_{kn}$, вычисляемыми по формуле

$$x_{kn}=\sum_{m=0}^{k-1}\left[(-1)^{m+n+1}\frac{\hat{H}_m^{(n-1)}}{m!}\right], \tag{10}$$

где $\forall m\ \ \hat{H}_m^{(0)}\equiv 1;\quad \forall s:s\geq 1\ \ \hat{H}_0^{(s)}\equiv 0;\quad k=1,2,3,\ldots;\quad n=1,2,3,\ldots,k$.

В работе [5] представлено исследование асимптотики столбцов матрицы $X$. В, частности, получены следующие результаты:

$$\lim_{k\to\infty}x_{k1}=\lim_{k\to\infty}\sum_{m=0}^{k-1}\left[(-1)^m\frac{\hat{H}_m^{(0)}}{m!}\right]=\lim_{k\to\infty}\sum_{m=0}^{k-1}\left[(-1)^m\frac{1}{m!}\right]=e^{-1}. \tag{11}$$

$$\lim_{k\to\infty}x_{k2}=\lim_{k\to\infty}\sum_{m=0}^{k-1}\left[(-1)^{m+1}\frac{\hat{H}_m^{(1)}}{m!}\right]=e^{-1}\int_0^1\left(\frac{e^t-1}{t}\right)dt. \tag{12}$$

$$\lim_{k\to\infty}x_{k3}=\lim_{k\to\infty}\sum_{m=0}^{k-1}\left[(-1)^m\frac{\hat{H}_m^{(2)}}{m!}\right]=e^{-1}\int_0^1\left(\frac{e^u}{u}\int_0^u\left(e^{-u}\int_0^u\left(\frac{e^u-1}{u}\right)du\right)du\right)du. \tag{13}$$

На основе анализа асимптотик (11-13) была получена следующая рекуррентная формула для вычисления асимптотики $n-го$ столбца матрицы $X$:

$$X_{n+1}(u)=e^{-u}\int_0^u\frac{e^u}{u}\left[\int_0^u X_n(u)du\right]du,\quad X_1(u)=e^{-u}, \tag{14}$$

где $\lim_{k\to\infty}x_{kn}=X_n(1)$.

С учетом нормированности треугольника $X$ (см. свойство (8)) и (14) имеем также следующее интегрально-экспоненциальное тождество:

$$\sum_{k=1}^{\infty}\left[e^{-u}\int_0^u \frac{e^u}{u}\left[\int_0^u X_k(u)du\right]du\right]=1; \qquad X_1(u)=e^{-u}. \tag{15}$$

Введем обозначения:

$$Z_к(u)=\sum_{i=1}^{\infty}X_i(u)k^{i-1}. \tag{16}$$

Так как $X_1(u)=e^{-u}$, то $\sum_{i=2}^{\infty}X_i(u)k^{i-1}+e^{-u}=\sum_{i=1}^{\infty}X_i(u)k^{i-1}$. Откуда следует:

$$\sum_{i=1}^{\infty}X_{i+1}(u)k^{i-1}=\frac{1}{k}\left(\sum_{i=1}^{\infty}X_i(u)k^{i-1}-e^{-u}\right)=\frac{1}{k}\left(Z_k(u)-e^{-u}\right).$$

Тогда из (14) имеем:

$$\sum_{i=1}^{\infty}X_{i+1}(u)k^{i-1}=e^{-u}\int_0^u\frac{e^u}{u}\left[\int_0^u\left(\sum_{i=1}^{\infty}X_i(u)k^{i-1}\right)du\right]du,$$

$$\frac{1}{k}\left[Z_к(u)-e^{-u}\right]=e^{-u}\int_0^u\left[\frac{e^u}{u}\int_0^u Z_k(u)du\right]du. \tag{17}$$

Откуда получим дифференциальное уравнение:

$$uZ''+(u+1)Z'+(1-k)Z=0. \quad k=1,\ 2,\ 3,\ ... \tag{18}$$

Замена переменной вида $V(u)=uZ'$ дает следующий вид уравнения:

$$uV''+uV'+(1-k)V=0. \quad k=1,\ 2,\ 3,\ ... \tag{19}$$

Уравнение (19), где неизвестной является функция $V=V(u)$, является вырожденным гипергеометрическим.

## 2. Общее решение вырожденного гипергеометрического уравнения с целыми коэффициентами

Представим уравнение (19) в виде:

$$xy''+xy'+(1-k)y=0, \qquad k=1,\ 2,\ 3,\ ... \tag{20}$$

. Если полагать, что общее решение данного уравнения имеет вид: $y(x)=C_1y_{1k}(x)+C_2y_{2k}(x)$, то одно из частных решений, допустим $y_{1k}(x)$, всегда существует в виде многочлена:

$$y_{11}(x)=A_{10},\ A_{10}-const; \tag{21}$$

$$y_{1k}(x)=\sum_{n=1}^{k-1}A_{kn}x^n,\quad k=2,\ 3,\ 4,...,\quad A_{kn}-const. \tag{22}$$

Доказательством справедливости последнего утверждения является нетривиальная совместность систем линейных уравнений, получаемых при подстановке (22) в (20):

$$(2-k)A_{k1}+A_{k2}=0;$$
$$(3-k)A_{k2}+A_{k3}=0;$$
$$(4-k)A_{k3}+A_{k4}=0;$$
…………………………..;
$$A_{k\ k-1}=0; \qquad k=2,\ 3,\ 4,...$$

Вторые частные решения $y_{2k}\left(x\right)$ получают далее по формуле Лиувилля-Остроградского. Для случаев $k=1,\ 2,\ 3,\ 4$ общее решение уравнения (20) имеет вид:

$$k=1:\quad y_1(x)=C_1+C_2e^{-x};$$

$$k=2:\quad y_2(x)=C_1x+C_2x\int\frac{e^{-x}}{x^2}dx;$$

$$k=3:\quad y_3(x)=C_1\left(x^2+2x\right)+C_2\left(x^2+2x\right)\int\frac{e^{-x}}{\left(x^2+2x\right)^2}dx;$$

$$k=4:\ y_4(u)=C_1\left(x^3+6x^2+6x\right)+C_2\left(x^3+6x^2+6x\right)\int\frac{e^{-x}}{\left(x^3+6x^2+6x\right)^2}dx.$$

Треугольник коэффициентов при степенях $x$ в многочленах, определяющих первое частное решение, имеет вид:

*Таблица 1*

| | $x^1$ | $x^2$ | $x^3$ | $x^4$ | $x^5$ | $x^6$ | $\cdots$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $k=2$ | 1 | | | | | | |
| $k=3$ | 2 | 1 | | | | | |
| $k=4$ | 6 | 6 | 1 | | | | |
| $k=5$ | 24 | 36 | 12 | 1 | | | |
| $k=6$ | 120 | 240 | 120 | 20 | 1 | | |
| $k=7$ | 720 | 1800 | 1200 | 300 | 30 | 1 | |

Анализ закономерностей по столбцам $A_{kn}$ данного треугольника показал следующий результат:

$$A_{kn}=C_{k-2}^{n-1}C_{k-1}^{n}\left(k-n-1\right)!,\ k=\ 2,\ 3,\ ...;\quad n=\ 1,\ 2,\ 3,\ ... \tag{23}$$

Используя (23), получим

$$y_{1k}(x)=\sum_{n=1}^{k-1}C_{k-2}^{n-1}C_{k-1}^{n}\left(k-n-1\right)!x^n,\qquad k=\ 2,\ 3,\ ... \tag{24}$$

$$y_{11}(x)=C_1-const, \tag{25}$$

где $C_{k-2}^{n-1}=\dfrac{(k-2)!}{\left(n-1\right)!(k-n-3)!};\quad C_{k-1}^{n}=\dfrac{(k-1)!}{n!(k-n-1)!}.$

Доказательство решения (24) проведем подстановкой в уравнение (20):

$$y_{1k}'\cdot x=\sum_{n=1}^{k-1}C_{k-2}^{n-1}\frac{(k-1)!}{n!}nx^n, \tag{26}$$

$$y_{1k}''\cdot x=\sum_{n=1}^{k-1}C_{k-2}^{n-1}\frac{\left(k-1\right)!}{n!}n\left(n-1\right)x^{n-1}, \tag{27}$$

$$-y_{1k}'x-(1-k)y_{1k}=\sum_{n=1}^{k-1}\frac{(k-2)!}{(n-1)!(k-n-1)!}\frac{(k-1)!}{n!}\left(k-n-1\right)x^n, \tag{28}$$

$$y''_{1k}\cdot x=\sum_{n=1}^{k-2}C_{k-2}^{n}\frac{(k-1)!}{(n+1)!}n(n+1)x^{n}=\sum_{n=1}^{k-2}\frac{(k-2)!}{(n-1)!(k-n-2)!}\frac{(k-1)!}{(n)!}x^{n}. \quad (29)$$

Формулы (26) и (27) тождественно равны, так как при $n=k-1$ скобка $k-n-1$ равна нулю и верхний индекс суммирования в (26) можно заменить на $n=k-2$.

Таким образом, решение (24) удовлетворяет уравнению (20).

Общее решение уравнения (20) определяется формулой:

$$y_k(x)=C_1y_{1k}+C_2y_{1k}\int\frac{e^{-x}}{\left(y_{1k}\right)^2}dx. \quad (30)$$

Таким образом, в статье представлена асимптотика чисел специального вида, названных мультигармоническими. Данная асимптотика моделируется вырожденным гипергеометрическим уравнением с целыми коэффициентами, общее решение которого существует в замкнутой форме.

**Библиографический список:**

1. Д.Х. Конвей., Р.К. Гай. Книга чисел. – Нью-Йорк, SpringerVerlag, 1996.

2. А.Т. Бенджамин, Д. Геблер, П. Геблер. Комбинаторный подход к гипергармоническим числам // Electronic Journal Combinatorial Number Theory, Vol 3, 2003.

3. Мезö И. Некоторые неравенства для гипергармонических рядов. // Успехи в неравенствах для специальных функций- Издательство Nova Science, с 121-125, 2006.

4. Мезö И. Суммирование гипергармонических рядов // arXiv.org, 2008.

5. Стаценко И.В. Мультигармонические числа, их свойства и применение.- //Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук №11, ISSN 2073-0071//.- М. Издательство “Литера” 2019, с. 6-11.

**Стаценко Игорь Викторович**
**Statsenko Igor Viktorovich**
Кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики
Московский энергетический институт

УДК 511

## УЛУЧШЕНИЕ СХОДИМОСТИ КВАДРАТУР НА БЕСКОНЕЧНОМ ИНТЕРВАЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛАПЛАСА ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА ПОДЫНТЕГРАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ

## IMPROVING THE CONVERGENCE OF QUADRATURES ON AN INFINITE INTERVAL USING THE LAPLACE TRANSFORM FOR A SPECIAL KIND OF INTEGRAND FUNCTION

**Аннотация.** В статье рассматривается методический и математический аппарат применения изображений (по Лапласу) для улучшения сходимости несобственных интегралов специального вида на бесконечном интервале интегрирования на примере мультипликатора многочлена и обратной тригонометрической функции.

**Abstract. ф**The article deals with the methodological and mathematical apparatus of using images (by Laplace) to improve the convergence of non-regular integrals of a special type on an infinite integration interval on the example of the polynomial multiplier and the inverse trigonometric function.

**Ключевые слова:** несобственные интегралы на бесконечном интервале, изображения (по Лапласу) обратных тригонометрических функций, численные методы вычисления квадратур на бесконечном интервале.

**Keywords:** improper integrals on an infinite interval, images (by Laplace) of inverse trigonometric functions, numerical methods for calculating quadratures on an infinite interval.

### 3. Постановка задачи

Известны [1] алгоритмические трудности вычисления несобственных интегралов на бесконечном промежутке интегрирования, связанные, в первую очередь, с выбором оптимального шага интегрирования под конкретный вид функции, сложностью реализации алгоритма вычисления и, располагаемым пользователем лимитом времени на вычисление интеграла. Кроме известных квадратурных методов Канторовича, Гаусса-Кристоффеля, Ромберга разработано большое количество адаптивных алгоритмов вычисления квадратур непосредственно под конкретный вид подынтегральной функции, в частности, алгоритмы систем символьной математики: “Infinite limit”, “adaptive selection”, “Special endpoint” или конкретные пользовательские алгоритмы см. [2].

Рассмотрим задачу вычисления интегралов вида:

$$\int_0^\infty f(x)x^n e^{-px}dx, \tag{1}$$

где $n\in N$; $p\in C$ .

Пусть для функции $f(x)$ - выполняются условия существования изображения (по Лапласу) и $F(p)$ - изображение данной функции, т.е. существует сходящийся интеграл вида:

$$F(p)=\int_0^\infty f(x)e^{-px}dx, \tag{2}$$

тогда решение задачи (1) в точке $p=p_0$ - *const* может быть записано следующим образом:

$$\int_0^\infty f(x)x^n e^{-p_0 x}dx=(-1)^n F^{(n)}(p_0). \tag{3}$$

К примеру, для функции $f(x)=\sin(x),\ x\geq 0$, и $p_0=1,\ n=1$ получим:

$$\int_0^\infty \sin(x)x^1e^{-x}dx=(-1)F^{(1)}(1)=\left.\left(\frac{2p}{\left(p^2+1\right)^2}\right)\right|_{p=1}=0,5.$$

К основным недостаткам данного подхода можно отнести следующие: ограниченность списка известных изображений и возможная вычислительная сложность реализации правой части формулы (3) в работе с готовым изображением. Несмотря на довольно представительный список оригиналов-изображений, допустим, справочника [3], в котором содержится 125 изображений, для решения некоторых фундаментальных и инженерных задач требуется постоянное расширение данного списка. В частности, такая процедура потребуется для обратных тригонометрических функций, изображения которых в справочнике [3] отсутствуют. Актуальность задачи связана с несовершенством адаптивных алгоритмов, разработанных под более широкий круг задач.

К примеру, алгоритмы вычисления несобственного интеграла, реализованные в среде Mathcad15, названные “adaptive selection”, и “Romberg” для случая $I=\int_0^\infty arctg(x)e^{-x}dx$ дает результат: $I=0$. В то время, как правильный результат (полученный для 12 знаков после запятой) для данного примера по другому методу среды Mathcad15 - “Infinite limit” дает следующее значение: $I=0,621449624236...$ Для интеграла $I=\int_0^1 \arcsin(x)e^{-x}dx$ правильный результат (полученный для 12 знаков после запятой) - $I=0,295220567755...$ дает только метод “adaptive selection”. Метод “Romberg” для данного примера дает точность вычисления не лучше, чем $\varepsilon=10^{-7}$.

Поэтому сходимость того или иного метода численного интегрирования определяется для каждой конкретной подынтегральной функции. Проведем сравнительный анализ работы метода (3) и методов интегрирования, реализованных в системе Mathcad15, на примере обратных тригонометрических функций.

## 4. Анализ приемлемости изображений обратных тригонометрических функций для решения задачи (3)

a. Изображение арктангенса

Пусть $f(x)=arctg(x)$; $x\in[0,\infty)$ требуется найти $F(p)=\int_0^\infty f(x)e^{-px}dx$.

Для решения задачи воспользуемся изображением №125 справочника [3] т.е.

$$\int_0^\infty \frac{e^{-px}}{1+x^2}dx=\left(\frac{\pi}{2}-Si(p)\right)\cos(p)+Ci(p)\sin(p). \quad (4)$$

Тогда, используя очевидное тождество $\int_0^\infty arctg(x)e^{-px}dx=\frac{1}{p}\int_0^\infty \frac{e^{-px}}{1+x^2}dx$, имеем изображение арктангенса в виде:

$$\int_0^\infty arctg(x)e^{-px}dx=\left(\frac{\pi}{2}-Si(p)\right)\frac{\cos(p)}{p}+Ci(p)\frac{\sin(p)}{p}. \quad (5)$$

В правой части формулы содержатся интегральные синус - $Si(p)$ и косинус - $Ci(p)$, ряды которых сходятся быстрее, чем ряды синуса и косинуса тригонометрических, т.к.

$$Si(p)=\int_0^p \frac{\sin(t)}{t}dt=\sum_{n=0}^\infty \frac{(-1)^n p^{2n+1}}{(2n+1)!(2n+1)}, \quad (6)$$

$$Ci(p)=\gamma+\ln(p)+\int_0^p \frac{\cos(t)-1}{t}dt=\gamma+\ln(p)+\sum_{n=0}^\infty \frac{(-1)^n p^{2n}}{(2n)!(2n)}, \quad (7)$$

где $\gamma$ -постоянная Эйлера-Маскерони.

Таким образом, используя (5-7) получим решение задачи (3) для $f\left(x\right)=arctg(x)$ в виде:

$$\int_0^{\infty} arctg(x)x^n e^{-p_0x}dx=\left(-1\right)^n\left(\left(\frac{\pi}{2}-Si(p_0)\right)\frac{\cos(p_0)}{p_0}+Ci(p_0)\frac{\sin(p_0)}{p_0}\right)^{(n)}. \quad (8)$$

В качестве расчетной можно рассматривать формулу следующего вида:

$$\int_0^{\infty} arctg(x)x^n e^{-p_0x}dx=\left(-1\right)^n\left(\left(\frac{\pi}{2}-\sum_{n=0}^{k}\frac{(-1)^n p^{2n+1}}{\left(2n+1\right)!(2n+1)}\right)\frac{\cos(p_0)}{p_0}+\right.$$

$$\left.+\left(\gamma+\ln(p)+\sum_{n=0}^{k}\frac{(-1)^n p^{2n}}{\left(2n\right)!(2n)}\right)\frac{\sin(p_0)}{p_0}\right)^{(n)}, \quad (9)$$

где $k$ - переменная, определяющая точность вычислений интегрального синуса и косинуса.

Для примера $I=\int_0^{\infty} arctg(x)e^{-x}dx$ Mathcad15 с использованием метода “Infinite limit”, для точности вычислений $TOL=10^{-13}$ дает результат: $I=0.6214496242358...$ С более высокой точностью данный метод и ни один из перечисленных выше для Mathcad15 для вычисления данного вида интегралов не работает.

Тот же результат вычислений в Mathcad15 обеспечивается по формуле (9) для значений $k\geq 8$. Очевидно, что точность вычислений данного интеграла по формуле (9) ограничивается только “машинным нулем” системы символьной математики.

Для примера $I=\int_0^{\infty} x^4 arctg(x)e^{-x}dx$ Mathcad15 с использованием метода “Infinite limit”, для точности вычислений $TOL=10^{-10}$ дает результат: $I=31.9464043462...$ С более высокой точностью данный метод не работает. Остальные методы интегрирования Mathcad15: “adaptive selection”, “Romberg”, “Special endpoint” для вычисления данного вида интегралов не работают.

По формуле (9) в Mathcad15 для данной задачи получен результат $I=31.946404448345863.....$, сходящийся до 17 знаков после запятой для значений $k\geq 9$. Расхождение результатов, начиная с 6 разряда после запятой связано с погрешностями, накапливаемыми при дифференцировании изображения арктангенса с помощью одного оператора дифференцирования Mathcad15 - $\frac{d^4F(p)}{dp^4}$. Если же провести четырехкратное последовательное дифференцирование существенно увеличивается время решения задачи при незначительном увеличении точности с результатом - $I=31.946404345255697.....$ В данной задаче при интегрировании мультипликаторов $x^n arctg(x)e^{-x}$ при $n>1$ обнаружен недостаток метода (3).

**b.** Изображение арксинуса

Пусть $f\left(x\right)=\arcsin(x)$, $x\in\left[0,1\right)$. Для поиска изображения функции доопределим ее в положительной области аргумента следующим образом:

$$f\left(x\right)=\begin{cases}\arcsin(x), & 0\leq x\leq 1;\\ 0, & x>1.\end{cases} \quad (10)$$

Тогда $F(p)=\int_0^{\infty} f(x)e^{-px}dx=\int_0^{1} f(x)e^{-px}dx$.

В данном случае воспользоваться вспомогательным изображением для решения поставленной задачи нельзя, поэтому используем следующие выкладки:

$$\int_0^1 \arcsin(x)e^{-px}dx=\frac{-\pi e^{-p}}{2p}+\frac{1}{p}\int_0^1\frac{e^{-px}dx}{\sqrt{1-x^2}}, \quad (11)$$

$$G(p)=\int_0^1 \frac{e^{-px}dx}{\sqrt{1-x^2}}=\int_0^1 \sqrt{1-x^2}e^{-px}dx+\int_0^1 \frac{x^2e^{-px}}{\sqrt{1-x^2}}dx, \tag{12}$$

$$G(p)=\int_0^1 \sqrt{1-x^2}e^{-px}dx+G''(p), \tag{13}$$

$$\int_0^1 \sqrt{1-x^2}e^{-px}dx=\left(\frac{\sqrt{1-x^2}e^{-px}}{-p}\right)\Bigg|_0^1-\frac{1}{p}\int_0^1 \frac{xe^{-px}dx}{\sqrt{1-x^2}}=\frac{1}{p}+\frac{1}{p}G'(p), \tag{14}$$

Из (12) и (13) имеем дифференциальное уравнение:

$$G''+\frac{1}{p}G'-G=-\frac{1}{p}, \tag{15}$$

при начальных условиях: $G(0)=\dfrac{\pi}{2}$; $G'(0)=-1$.

Решение уравнения (15) имеет вид:

$$G(p)=-J_0(ip)\left(\int_0^p\left(\frac{1}{u\left[J_0(iu)\right]^2}\left(\int_0^u J_0(it)dt\right)\right)du\right)+J_0(ip)\frac{\pi}{2}, \tag{16}$$

где $J_0(ip)$- функции Бесселя первого рода нулевого порядка от комплексного аргумента $x=ip$.

Тогда

$$F(p)=-\frac{\pi e^{-p}}{2p}+\frac{1}{p}G(p). \tag{17}$$

В качестве расчетной для решения задачи (3) можно рассматривать формулу следующего вида:

$$\int_0^1 \arcsin(x)x^ne^{-p_0x}dx=(-1)^n\left(-\frac{\pi e^{-p}}{2p}+\frac{1}{p}G(p)\right)^{(n)}. \tag{18}$$

При этом нет необходимости использовать разложение специальных функций в формуле (16) в ряд, так как в системах символьной математики функции Бесселя первого рода нулевого порядка - $J_0(x)$ являются встроенными функциями. Для примера, $I=\int_0^1 arc\sin(x)e^{-x}dx$ Mathcad15 с использованием метода “Infinite limit”, для точности вычислений $TOL=10^{-16}$ дает результат: $I=0.2952205677554067...$ С более высокой точностью данный метод и ни один из перечисленных выше для Mathcad15 для вычисления данного вида интегралов не работает. Результат вычислений по формулам (16,18) - $I=0.2952205677554065...$ в Mathcad15 обеспечивается без использования дополнительных инструментов для определения точности.

## 5. Заключение

В статье изложен методический подход к вычислению специального вида несобственных интегралов, для которых возможно применение математического аппарата преобразования Лапласа. Методический подход состоит из трех этапов:

1. Установление соответствия интеграла виду $\int_0^\infty f(x)x^ne^{-px}dx$.

2. Поиск изображения функции $f(x)$ и оценка приемлемости работы с изображением по формуле: $\int_0^\infty f(x)x^n e^{-p_0 x}dx = (-1)^n F^{(n)}(p_0)$.

3. Вычисление интеграла с заданной точностью.

Недостатком подхода для систем символьной математики является необходимость хранения и автоматизированного пополнения базы изображений для широкого списка пользовательских подынтегральных функций $f(x)$, а также возможные погрешности, возникающие в процессе численного дифференцирования изображения.

**Библиографический список:**

1. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. – М.: Лань, 2011. - 672 с.

2. Скворцов Б.В., Лезин И.А., Лезина И.В. Алгоритм численного интегрирования на бесконечном интервале в задачах распространения электромагнитных импульсов./ Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т.14 №4. С. 47-50.

3. Г. Корн, Т. Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров.- М.:1974, 832 с.

**Богословский Михаил Михайлович**
**Bogoslovskii Michail Michailovich**
д.б.н., академик РАЕН, профессор Автономной Некоммерческой Организации Высшего Образования "Университет при Межпарламентской Ассамблее ЕврАЗэС", кафедра естественных наук; Санкт-Петербург, Россия E-mail: M2BOG1@yandex.ru

УДК 531.2

## СПРАВЕДЛИВ ЛИ ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЖИВОГО ОРГАНИЗМА?

## IS THE LAW OF ENERGY CONSERVATION VALID FOR A LIVING ORGANISM?

**Аннотация.** Анализ расхода энергии, полученной живым организмом, в частности человека, с пищей показывает, что энергия, потраченная на работу клеток, органов и систем, уменьшается и может даже исчезать. После израсходования порции энергии для продолжения работы всех систем организма, ему каждый раз нужна новая порция энергии. В живом организме одна часть тепловой энергии расходуется на работу по поддержанию его температурного гомеостаза, а другая бесследно растворяется в пространстве. Расход энергии на поддержание температурного гомеостаза сопровождается её уменьшением, а рассеивание приводит к её исчезновению. Предлагается новая формулировку всемирного закона сохранения энергии, которую рекомендуется внести во все учебники физики.

**Abstract**. Analysis of the energy consumption received by a living organism, in particular a human, with food shows that the energy spent on the work of cells, organs and systems decreases and may even disappear. After using up a portion of energy to continue working all the body's systems, each time it needs a new portion of energy. In a living organism, one part of the heat energy is spent on maintaining its temperature homeostasis, and the other is completely dissolved in space. Energy consumption for maintaining temperature homeostasis is accompanied by its decrease, and dispersion leads to its disappearance. A new formulation of the universal law of conservation of energy is proposed, which is recommended to be included in all physics textbooks.

**Ключевые слова**: энергия, превращение энергии, работа, человек, всемирный закон сохранения энергии.

**Keywords**: energy, transformation of energy, work, man, the universal law of conservation of energy.

**Введение.** Одним из важнейших законов Природы является закон сохранения энергии, обоснование которому было дано в письме М.В.Ломоносова математику Леонарду Эйлеру 16 (5 ст.ст.) июля 1748 года: «Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько у одного тела отнимается, столько присовокупится к другому. Так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте. Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения: ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оные у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает». Что замечательно, что под движением Ломоносов понимал не только механическое перемещение, но и тепловое; по сути дела, он высказывал мысль о переходе одних форм движения в другие.

Согласно общепринятой сегодня формулировке этого закона, представленной в одном из учебников физики для высшей школы, «энергия никогда не исчезает и не появляется вновь, она лишь превращается из одного вида в другой» [10, 29], что можно изобразить в виде бесконечной смены вида энергии:

$E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_{3\ldots,}$

где E – разные превращающиеся виды энергии.

Из этой формулировки следует, что переход из одного вида или формы энергии в другую происходит без какой-либо её затраты на работу. Это означает, что авторы многочисленных учебников и энциклопедий, одобряющие эту формулировку, по умолчанию считают, что все работы, производимые человеком в его производственно-хозяйственной и бытовой деятельности, а также использование различных машин и механизмов происходит без затраты энергии, а значит, бесплатно! Надо лишь получить доступ к такому источнику энергии «изолированной (замкнутой) макроскопической системы». Действительно, если бы энергия только и переходила бы из одной формы в другую, то человечество не знало бы с ней проблем, не тратило бы огромные средства на её получение, на поиски энергоносителей, не было бы многих войн и напряженных международных отношений. Включив электроплитку или мотор, они могли бы пользоваться ими бесконечно. Но так не бывает! Энергия расходуется, т.е. исчезает, поэтому каждый раз нужна новая порция энергии, а она стоит денег! А бесплатно, как известно, бывает только сыр в мышеловке.

Но производители энергии, не зная этого, почему-то требуют с потребителей разных видов энергии деньги, причём немалые!

На самом же деле при выполнении любых хозяйственных - бытовых и производственных работ определенная часть энергии расходуется на её выполнение, в связи с чем исчезает безвозвратно. При этом, до того, как она непосредственно израсходована на выполнение работы, энергия, как правило, претерпевает превращение одного её вида в другой. Другая значительная часть потраченной энергии переходит в тепло (тепловую энергию), которая бесследно исчезает, растворившись в окружающем пространстве.

Схематически это выглядит следующим образом:

$E_p = E_1 \rightarrow E_2 + E_t$,

где $E_p$ – полная энергия, предназначенная для выполнения работы; $E_1$- исходная энергия, $E_2$ – преобразованный вид энергии, непосредственно затраченный на выполнение работы; $E_t$ – тепловая энергия.

С развитием науки формулировка законов Природы все более и более уточняется, а их валидность ограничивается действием разных факторов [1, 243]. Касается это и закона сохранения энергии [4, 3]. В одном из уточнений этого закона говорится, что он действует только в замкнутой, да ещё и макроскопической системе, т.е. системе, образованной огромным числом микрочастиц (молекул, ионов, атомов, электронов). Так, в словаре-справочнике по физике Е.С. Платунова с соавт. [8, 634 ] сказано: «Универсальный закон сохранения и превращения энергии – фундаментальный закон сохранения, в котором утверждается, что полная энергия изолированной (замкнутой) макроскопической системы остаётся постоянной при всех изменениях и превращениях, происходящих внутри системы».

Авторы учебников и справочников по физике упустили три важных обстоятельства. В*о-первых,* как написано в любом учебнике по термодинамике, изолированная система, это всего лишь физическая модель, такая же как модель абсолютно твёрдого тела, идеального газа и так далее. В Природе такой системы не существует, это всего лишь абстракция, никак не применимая в реальной жизни. В результате, сущность физического явления важнейшего её закона подменяется моделью несуществующей системы. Потому этот закон никак нельзя представлять как универсальный и как фундаментальный закон Природы! Во-вторых, в формулировке этого закона надо было бы указать, что он не применим к открытой системе, т.е. к условиям Природной среды. В-третьих, надо было указать, что и в закрытой системе этот закон действует только в том случае, если энергия не используется для выполнения какой-то работы. А так как по определению этого закона, энергия может превращаться из одной её формы в другую, а на выполнение этой работы по превращению форм энергии тоже требуется энергия, то общее количество энергии в закрытой системе неизбежно будет уменьшаться. А, в конечном счёте, при многократных превращениях форм энергии, она может и исчезнуть.

К этому следует добавить, что повсеместно принятая формулировка этого закона противоречит другому закону Природы о концентрации и рассеивании энергии и материи [3,3; 4,2], постоянно происходящих в реальных условиях мироздания.

Из сказанного следует, что имеющаяся в справочниках и учебниках формулировка закона сохранения энергии не верна, она нуждается в уточнении.

**Основной раздел.** Особого внимания заслуживает вопрос о том, распространяется ли закон сохранения энергии на живые организмы, в частности, на организм человека. Люди, верящие, что энергия не возникает, не исчезает, а только переходит из одной формы в другую, убеждены, что этот закон соблюдается везде - не только в физике, химии, но и в биологии, в том числе и в нашем организме. Для того, чтобы проверить, так ли это, рассмотрим какие превращения претерпевает энергия в организме человека, действительно ли она не исчезает и никуда не девается.

Энергию даёт нам пища, которая является для нас своеобразной батарейкой, однократным источником энергии. Своеобразная она потому, что как и настоящую, сделанную человеком батарейку, зарядить её снова нельзя - она для этого не годится. Для пополнения энергии нашему организму нужна новая подобная батарейка, т.е. новая порция пищи. Практика нашей жизни показывает, что нам, как и всем животным, приходится питаться, причём несколько раз в день. Причём, как бы сытно мы ни поели, через несколько часов – от 3-4 до 6-8 нам есть хочется снова. С пищей мы получаем энергию, которая, если верить рассматриваемому закону сохранения энергии, исчезнуть не может. Но каждый раз, чувствуя голод, мы не можем удовлетвориться объяснением, которое даёт формулировка этого закона, согласно которой энергия вовсе не исчезает, а просто переходит из одной формы в другую. В результате научная общепринятая догма, в которой надо не сомневаясь верить и которая содержится во всех учебниках физики средней и высшей школы во всех странах мира, противоречит желаниям нашего организма – чувству голода. Нам не становится легче от того, что полученная в виде пищи энергия во что-то превратилась – нам снова и снова хочется есть. А по указанной догме этого быть не должно. Получается, что когда мы приступаем к еде, мы незаметно для себя нарушаем закон сохранения энергии. Как же так? Невольно закрадывается крамольная мысль, что что-то тут не так.

Попробуем разобраться. Действительно, пища даёт нам энергию, которая непрерывно расходуется на работу нашего организма - для всех его тканей и клеток - соматических, нервных и половых. Особенно большое количество энергии тратят мозг, сердце, мышцы, печень, почки, да и все другие органы и ткани живого организма жить без постоянного снабжения энергией не могут. Энергию человек расходует даже в условиях полного покоя. А при мышечной работе расход энергии быстро возрастает [5, 48]. Причём, чем тяжелее мышечная работа, тем больше энергии человек тратит. Важно отметить, что разные виды работ по функционированию клеток, тканей и систем организма в процессе жизнедеятельности требуют разных форм энергии – химической, электрической и тепловой [9, 122].

В целом примерно половина полученной с пищей энергии затрачивается на поддержание в организме человека и других теплокровных теплового гомеостаза, что обеспечивается процессами теплопродукции, терморегуляции, теплообменом и теплоотдачей во внешнюю среду. Другая же половина энергии идет на образование аденозинтрифосфата - АТФ - универсального источника энергии для всех биохимических процессов, протекающих в живых системах. Значительная часть энергии используется на синтез биополимеров (нуклеиновых кислот, белков) на матрице - нуклеиновой кислоте ДНК или РНК - транскрипцию, т.е. синтез предшественника информационной РНК (иРНК) – про-иРНК и трансляцию – перенос последовательности нуклеотидов в молекуле иРНК в последовательность аминокислотных остатков молекулы белка. Кроме того, энергия расходуется на биосинтез углеводов и липидов. В организме запасной формой липидов являются жиры. В ходе трансформации химической энергии АТФ совершаются различные виды работ: механическая — при сокращении мышц, электрическая - при передаче нервного импульса, осмотическая — при трансмембранном переносе вещества. Следует отметить, что в соответствии со вторым началом термодинамики, все работы по преобразованию видов энергии в организме происходят с её затратой и переходом в тепло. Кроме этого, часть энергии переходит в потенциальную энергию, которую организм запасает для того момента, когда полученная с пищей энергия будет израсходована [5, 47].

В клетках энергия тратится на работы по образованию разнообразных веществ, используемых для построения клеточных мембран, органоидов и их обновления. Энергия необходима и для осуществления процессов пластического обмена – для синтеза необходимых организму органических веществ, образования клеточных структур и органелл, реализацию главных жизненных процессов в клетках - их деление, образование новых молекул белков, углеводов и жиров, строительство утраченных частей клеток, создание новых клеток, для роста, деления и развития клеток всего организма, а также транспорт веществ.

Энергия тратится ещё и на крово- и ликвороснабжение, передачу нервных импульсов, трансмембранного (осмотического) переноса вещества.

Обобщая сказанное, уравнение энергетического баланса организма можно записать в следующем виде:

$$E = E_a + E_t + E_r,$$

где E — общее количество энергии, полученное организмом с пищей; $E_a$ энергия, затраченная на работу биохимических систем и жизнедеятельности; $E_t$ — энергия, затраченная на поддержание теплового гомеостаза; $E_r$— запасенная энергия, полученная в результате работы биохимических реакций.

Крупнейший физиолог и биохимик нашего времени A. Lehninger [11, 133] пришел к выводу, что организм, ***производя работу*** за счёт полученной с пищей энергии, превращает её в тепло, поддерживает температурный гомеостаз, но при этом отдаёт в пространство свободной энергии меньше, чем получает. Видимо, находясь под давлением догмы закона о невозможности исчезновения энергии, он не смог дать этому правильное объяснение, состоящее в том, что все виды работ организм производит только за счёт получаемой с пищей энергии, чего вполне достаточно, чтобы не привлекать придуманную им мифическую «свободную энергию окружающей среды».

А теперь надо разобраться с тем, как приведенные выше данные соответствуют принятой формулировке закона сохранения энергии. В полном соответствии с формулировкой этого закона энергия в нашем организме не возникает – он её получает в виде пищи, которую, как правило, сам же и добывает, тратя на эту ранее запасенную энергию. Второй по важности член этой формулировки гласит, что энергия переходит из одной формы в другую. И здесь формулировка права, но только частично. Дело в том, что у этой формулировки есть подвох, состоящий в том, что она подразумевает, что этот переход продолжается бесконечно. Чего на деле не происходит, т.к. в организме животных и человека действуют только три вида энергии – химическая (биохимическая), электрическая и тепловая. Химическая энергия молекул переходит в электрическую и тепло [7, Т.1, 132].

Однако главная ошибка в применении существующего закона сохранения энергии к живому организму состоит в том, что в нём нет положения о том, энергия расходуется ***на работу*** по жизнеобеспечению всех систем организма, что, естественно, приводит к её уменьшению. Это уменьшение потраченной на работу энергии может быть настолько значительным, что без поступления с пищей новой порции энергии, организм прекратит своё существование – умрёт. Одновременно со смертью организма происходит и полное прекращение ***работ*** всех его клеток, органов и систем по преобразованию и использованию энергии. В соответствии с законом концентрации и рассеивания энергии и материи, его энергия исчезает. В связи с чем, его энтропия становится максимальной.

Отсюда вывод первый: в живом организме, в частности человека, ***энергия, потраченная на работу клеток, органов и систем***, уменьшается и может даже исчезать.

Как уже отмечалось, почти половина полученной с пищей энергии преобразуется в тепловую энергию, которая затрачивается на поддержание температуры тела, что в условиях естественной среды обитания приводит к её конвекции и рассеиванию в окружающем пространстве. Важно отметить, что это рассеянное в пространстве тепло исчезает бесследно [6, 612]. И на открытом воздухе, на расстоянии нескольких метров оно прекращает существовать как энергия, оставаясь энергией лишь теоретически в полном соответствии с одним из определений энергии, под которым понимается возможность её использования для выполнения каких-то работ [8, 23].

Вывод второй: ***в живом организме, ни о каких превращениях тепловой энергии говорить не приходится*** – одна её часть расходуется на работу по поддержанию температурного гомеостаза организма, а другая бесследно растворяется в пространстве. Расход энергии на поддержание температурного гомеостаза сопровождается её уменьшением, а рассеивание приводит к её исчезновению.

Следует отметить, что обнаружение неточности классического закона сохранения энергии подтверждает не признанное пока научной общественностью положение о том, что все законы Природы действуют при строго определенных условиях (факторах) и, если хотя бы один из них не действует, сам закон не «работает» [2, 46].

**Заключение.** Применение закона сохранения энергия к живым организмам, в соответствии с которым она никогда не появляется и не исчезает, а лишь превращается из одного вида в другой не оправдано, т.к. его формулировка содержит неточность. В живом организме, как и в хозяйственной и промышленной деятельности людей, энергия может уменьшаться и даже исчезать.

Отсюда следует, что классическая формулировка закона сохранения энергии нуждается в уточнении: полная энергия изолированной (замкнутой) макроскопической системы остаётся постоянной ***только при условии, что она не подвергается никаким изменениям и превращениям.*** В противном случае, часть энергии, затраченная на работу по изменению и превращению энергии, уменьшает её количество и в конце-концов может привести к её исчезновению.

Для исправления этой ошибки, закон сохранения энергии нуждается в новой формулировке, например, такой:

***Энергия представляет собой первооснову мироздания, материальную субстанцию,***

***существующую как составная часть материального мира, эволюционирующую в пространстве совместно с формами вещества, находящегося в разных агрегатных состояниях. Энергия в её разных формах не возникает, и возникнуть не может. Как и материя, энергия Метагалактики обладает свойством неуничтожимости. В то же время*** полная энергия изолированной (замкнутой) макроскопической системы остаётся постоянной ***только при условии, если она не подвергается никаким изменениям и превращениям и не расходуется на выполнение какой-либо работы. В живой Природе, а также в условиях человеческой деятельности энергия, потраченная на выполнение какой-либо работы, не только уменьшается по объёму, количеству и мощности, но может и исчезать.***

**Библиографический список:**

1.Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики. Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань».2007.

2.Богословский М.М. Закон всемирного притяжения в XXI веке // Актуальные проблемы современной науки, 2016, №5. С.39-47.

3.Богословский М.М. Закон инерции и понятие массы нуждаются в пересмотре. ProAtom. 27 января 2017а.

4.Богословский М.М. К вопросу об энергии и законе её сохранения. ProAtom. 30 июня 2017б.

5.Иванов К.П. Основы энергетики организма. Т.1. Общая энергетика, теплообмен и терморегуляция. Л.: Наука, 1990. 250 с.

6.Иванов К.П. Энергия и жизнь // Успехи современной биологии. 2008. Т. 128. № 6. С. 606-619.

7.Ленинджер А. Основы биохимии: в 3-х т. Т. 2. – 1985.

8.Платунов Е.С., Самолетов В.А., Буравой С.Е., Прошкин С.С. Физика. Словарь-справочник. СПб: Изд. Политехнического университета, 2014. - 798 с.

9.Пряничникова Н.И., Мажаева Т.В. Пища с точки зрения термодинамических процессов организма человека // В сборнике: Современные технологии продуктов питания сборник научных статей материалы 2-й Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Горохов А.А. 2015. С. 121-124.

10.Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. М.: Издательский центр ≪Академия≫, 2006. — 560 с.

11.Lehninger A. Principles of biochtmistry. N.Y.: Worth Publishers INC, 1982.

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2020