

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

# Исследования. Инновации. Практика

№1(6), Апрель 2023

Peer-reviewed scientific journal  
«Research. Innovation. Practice»  
April 2023, №1(6).



Самара, 2023

ISSN: 2949-3706

T33

**Рецензируемый научный журнал «Исследования. Инновации. Практика» №1(6), Апрель 2023** - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2023 - 32 с.

**doi журнала:** 10.18411/iip

**doi номера:** 10.18411/iip-04-2023

**Исследования. Инновации. Практика** - это рецензируемый научный журнал, который в большей степени предназначен для научных работников, преподавателей, доцентов, аспирантов и студентов высших учебных заведений как инструмент получения актуальной научной информации.

Периодичность выхода журнала – 6 раз в год. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в журнале, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»  
© Университет дополнительного  
профессионального образования

© Scientific center "LJournal"  
© The university of additional  
professional education

УДК 001.1  
ББК 60

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ****Чернопятов Александр Михайлович**

Кандидат экономических наук, Профессор

**Царегородцев Евгений Леонидович**

Кандидат технических наук, доцент

**Малышкина Елена Владимировна**

Кандидат исторических наук

**Кириллова Елена Анатольевна**

Кандидат юридических наук

**Ильященко Дмитрий Павлович**

Кандидат технических наук

**Дробот Павел Николаевич**

Кандидат физико-математических наук, Доцент

**Божко Леся Михайловна**

Доктор экономических наук, Доцент

**Андреева Ольга Николаевна**

Кандидат филологических наук, Доцент

**Абасова Самира Гусейн кызы**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Попова Наталья Владимировна**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Ханбабаева Ольга Евгеньевна**

Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

**Вражнов Алексей Сергеевич**

Кандидат юридических наук

**Ерыгина Анна Владимировна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Чебыкина Ольга Альбертовна**

Кандидат психологических наук

**Левченко Виктория Викторовна**

Кандидат педагогических наук

**Петраш Елена Вадимовна**

Кандидат культурологии

**Романенко Елена Александровна**

Кандидат юридических наук, Доцент

**Ефременко Евгений Сергеевич**

Кандидат медицинских наук, Доцент

**Шалагинова Ксения Сергеевна**

Кандидат психологических наук, Доцент

**Катермина Вероника Викторовна**

Доктор филологических наук, Профессор

**Полицинский Евгений Валериевич**

Кандидат педагогических наук, Доцент

**Жичкин Кирилл Александрович**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Пузыня Татьяна Алексеевна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Ларионов Максим Викторович**

Доктор биологических наук, Доцент

**Байрамова Айгюн Сеймур кызы**

Доктор философии по техническим наукам

**Лыгин Сергей Александрович**

Кандидат химических наук, Доцент

**Теплухин Владимир Клавдиевич**

Доктор технических наук, Профессор

**Романова Ирина Валентиновна**

Кандидат экономических наук, Доцент

**Хачатурова Карине Робертовна**

Кандидат педагогических наук

**Матвеев Роман Сталинарьевич**

Доктор медицинских наук, Доцент

**Шамутдинов Айдар Харисович**

Кандидат технических наук, Профессор

**Радкевич Михаил Михайлович**

Доктор технических наук, Профессор

**Гуткевич Елена Владимировна**

Доктор медицинских наук

**Григорьев Михаил Федосеевич**

Кандидат сельскохозяйственных наук

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>РАЗДЕЛ I. ЭНЕРГЕТИКА</b> .....	6
<b>Дубкова Е.С.</b> Влияние напряжения на увеличение срока службы свинцово-кислотных аккумуляторов.....	6
<b>Злобин В.Г., Пилипенко Н.Н., Саид М.</b> Сглаживание статистических распределений при анализе информации по эксплуатации объектов промышленной энергетики .....	9
<b>РАЗДЕЛ II. МЕТАЛЛУРГИЯ</b> .....	17
<b>Ульяновская Э.В.</b> Влияние технологической схемы горячего прессования на структуру и свойства порошковых железоуглеродистых материалов.....	17
<b>РАЗДЕЛ III. МОДЕЛИРОВАНИЕ</b> .....	22
<b>Попов И.П., Парышев Д.Н., Моисеев О.Ю., Харин В.В., Мосин А.А., Парышев Н.Д., Харин Д.А.</b> Моделирование осциллятора из трех грузов .....	22
<b>РАЗДЕЛ IV. МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ</b> .....	27
<b>Чучалина П.И., Капралов А.И., Зерчанинова Е.И.</b> Изучение показателей общего анализа крови у пациентов, находящихся на стационарном лечении в инфекционном госпитале с диагнозом новая коронавирусная инфекция .....	27

## РАЗДЕЛ I. ЭНЕРГЕТИКА

Дубкова Е.С.

### Влияние напряжения на увеличение срока службы свинцово-кислотных аккумуляторов

*Дальневосточный государственный аграрный университет  
(Россия, Благовещенск)*

doi: 10.18411/iip-04-2023-01

#### Аннотация

Увеличение зарядного напряжения и уменьшение времени для достижения максимальной его величины свидетельствует об ухудшении состояния аккумуляторов.

**Ключевые слова:** эксплуатационные характеристики многоэлементных аккумуляторных батарей.

#### Abstract

An increase in the charging voltage and a decrease in the time to reach its maximum value indicates a deterioration in the condition of the batteries.

**Keywords:** operational characteristics of multi-element batteries.

Свинцово-кислотные аккумуляторы используются в системах автономного питания, для накопления электроэнергии в необходимых объемах. Применение таких многоэлементных аккумуляторных батарей даёт возможность предотвратить потерю информации или остановку сложного производственного процесса. С внедрение в нашу жизнь всё больше и больше «зелёной энергетики» накопления электроэнергии в необходимых объемах стало актуальным. В связи с эти становится актуальным решение вопроса качественной оценки эксплуатационных характеристик многоэлементных аккумуляторных батарей.

Свинцово-кислотные аккумуляторные батареи считаются самыми надежными, долговечными и не требующими высоких эксплуатационных затрат химическими источниками тока. Имеют наименьшую энергетическую плотность (30÷50) Вт/кг. Батареи такого типа работоспособны при температурах окружающей среды от -20 до +60 °С, что очень актуально для Дальневосточного региона, где средняя температура зимой -20°С, а летом +25°С. Также они обладают довольно низкой скоростью саморазряда, порядка 5% номинальной емкости в месяц. Батареи такого типа наиболее удобны для использования в энергоёмких приложениях, где их существенные вес и габариты не играют роли. Чаще всего они используют в больничном оборудовании, в системах аварийного освещения и источниках бесперебойного питания.

Для определения влияния напряжения на увеличения срока службы аккумуляторных батарей сегодня используются такие электрические характеристики как напряжение разомкнутой цепи и под нагрузкой, внутреннее сопротивление и реакция на специфический тестовый сигнал, который позволяет определить значения составляющих полного сопротивления.

В процессе проведения эксперимента на предприятии Амурского филиала ПАО «Ростелеком» при эксплуатации многоэлементной аккумуляторной батареи, собранной из элементов COSLIGT GFM-1000Z (2V 1000Ah 10HR) 48В, 24 элемента, под управлением EFORE OPUS C60-19.2 С, у полностью одинаковых элементов многоэлементной батареи со временем происходит расхождение параметров по напряжению (эффект разбаланса).

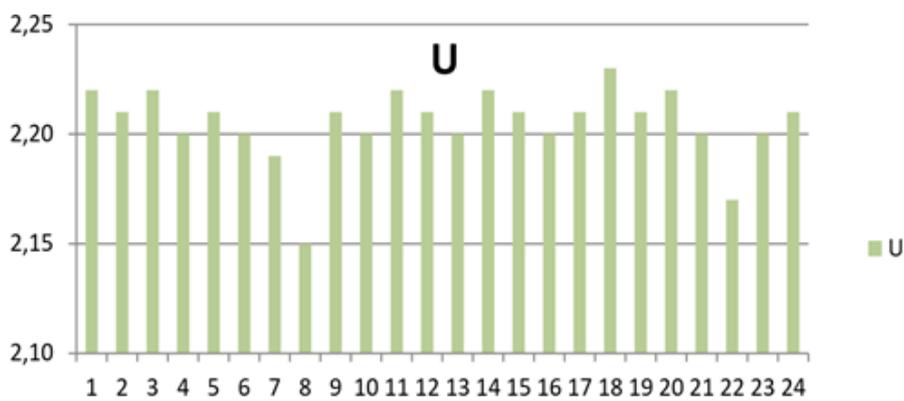


Рисунок 1. Уровни напряжений многоэлементной аккумуляторной батареи в процессе эксплуатации.

Из диаграммы видно, что некоторые элементы батареи перезаряжаются, а другие недозаряжаются, это происходит из-за разности внутренних сопротивлений. В итоге в процессе эксплуатации происходит снижение емкости всей многоэлементной батареи.

Использовать напряжение разомкнутой цепи применяются для оценки состояния первичных источников тока. Однако этот параметр элементов мало зависим от степени их заряженности. В диапазоне от 100 до 10 % заряда изменения этого параметра соизмеримы с разбросом новых, полностью исправных элементов, и это справедливо для элементов почти всех электрохимических систем. Измерение напряжение разомкнутой цепи готовых полностью заряженных источников тока или регистрация его изменения в процессе разряда может помочь в оценке качества продукции.

В процессе разряда свинцово-кислотных аккумуляторов факторы, влияющие на значение напряжение разомкнутой цепи (концентрация и электропроводность электролита) изменяются линейно и значительно. Поэтому оценка остаточной емкости таких батарей по значению напряжение разомкнутой цепи представляется более реальной (рис.2).

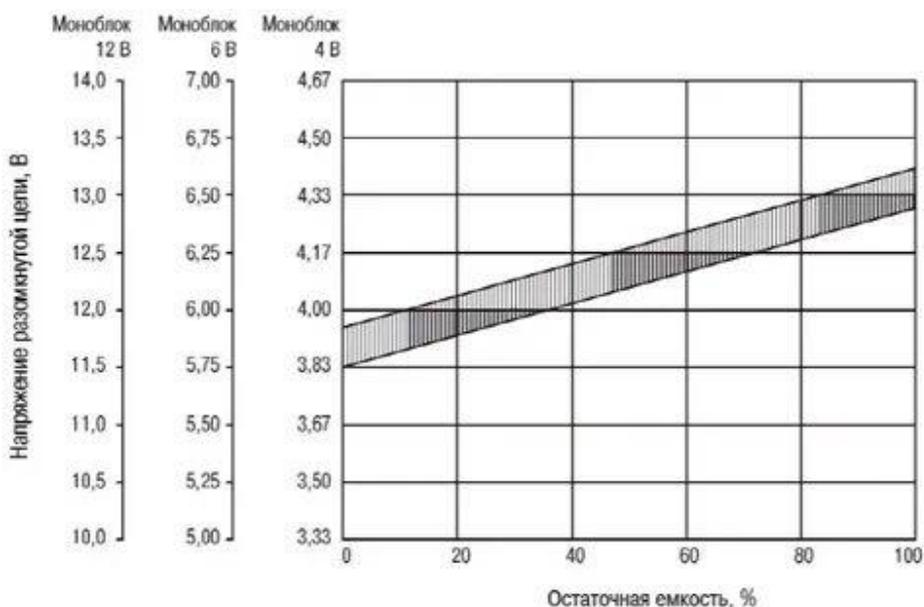


Рисунок 2. Зависимость напряжение разомкнутой цепи от значения остаточной емкости герметизированных свинцово-кислотных аккумуляторов Panasonic.

Зависимости степени заряженности от значения напряжение разомкнутой цепи для батарей разных производителей различаются мало. Однако, нужно заметить, что точность оценки степени заряженности по значению параметра напряжение разомкнутой цепи невелика. Это обусловлено некоторой шириной «коридора» характеристик однотипных аккумуляторов (рис. 2)

Если параметр напряжение разомкнутой цепи не дают возможности в полной мере оценить состояние аккумулятора, то можно предположить, что значение напряжения на его выводах при подключении некоторой нагрузки может быть более информативным. В таком случае, для аккумуляторов необходимо выбрать некоторый диапазон значений рабочего напряжения соответствующих определенным состояниям аккумулятора при разряде в номинальном режиме. Однако, учитывая то, что обеспечение стабильности рабочего напряжения является одной из главных проблем то становится очевидным, что и этот параметр, может обеспечить весьма ограниченные возможности для оценки степени заряженности источника тока. Для большинства источников тока значение параметра рабочего напряжения имеет зону низкой чувствительности в 80 % их полной емкости. Более того, величина рабочего напряжения зависит еще и от индивидуальных особенностей и предыстории эксплуатации аккумулятора. Поэтому оценить величину его остаточной емкости по этому параметру крайне затруднительно. Сколь-нибудь четко параметр рабочего напряжения позволяет отличить только практически полностью разряженный источник тока от того, который еще сохраняет некоторую энергию.

При тестировании источника тока кратковременной нагрузкой тока большой величины напряжение на клеммах аккумулятора имеет сложный характер (рис. 3). Оно может быть выражено уравнением:

$$U = U_{НПЦ} - IR = U_{НПЦ} - I(Ra + R_{пол}),$$

где  $I$  – ток разряда;  $R$  – полное сопротивление аккумулятора;  $Ra$  – активное сопротивление, определяемое токоподводящими деталями электродов, их активными массами и сопротивлением электролита;  $R_{пол}$  – поляризационное сопротивление, отражающее скорость электрохимических реакций.

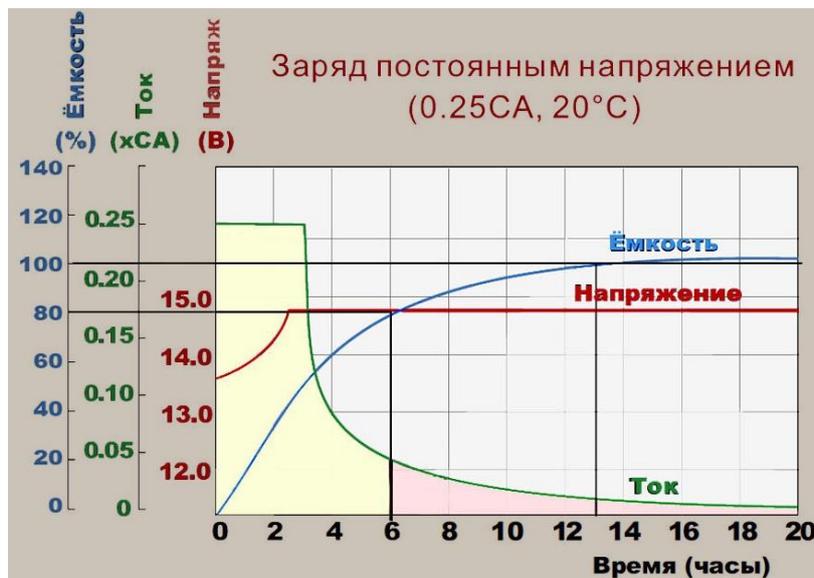


Рисунок 3. Зависимость напряжения на клеммах аккумулятора от времени при разряде постоянным током.

При анализе характеристики напряжения аккумулятора при разряде постоянным током можно определить значения составляющих полного сопротивления. На активной составляющей полного сопротивления происходит мгновенное падение напряжения. Дальнейшее плавное изменение напряжения источника тока вплоть до стационарного состояния обусловлено изменением поляризационной составляющей. Измерения внутреннего сопротивления источника тока на переменном токе позволяет получить более детальное представление о поляризационной составляющей. Особенность этой составляющей заключается в том, что ток через аккумулятор протекает и как фарадеевский ток и как ток заряжения двойного слоя, образованного на границе сред электрод/электролит. Однако в стационарном состоянии напряжение источников тока составляющих высоковольтную батарею

может значительно различаться. При обследовании батареи из двух параллельных цепочек по 90 аккумуляторов после эксплуатации в буферном режиме реальный разброс напряжения в группе из произвольно выбранных 145 аккумуляторов составил 170 мВ (при среднеквадратичном отклонении в группе  $\pm 33$  мВ). Разброс характеристик батарей приводит к ускоренному старению всей системы, постепенной коррозии решёток положительного электрода, перезаряда отрицательного электрода.

Анализ индивидуальных характеристик заряда аккумуляторов целесообразен для решения задачи подборки отдельных элементов батарей по параметрам заряда, а также для оценки их деградации в процессе эксплуатации.

При сборке батарей большого напряжения, например, для источников бесперебойного питания, из стандартных батарей или отдельных аккумуляторов возникает проблема их сортировки по качеству. В процессе производства электрические характеристики источников тока имеют значительный разброс. Поскольку такие батареи обычно работают в буферном режиме и приспособлены к длительному перезаряду, то предполагается, что за время заряда батареи с разной степенью заряженности зарядятся до одинакового уровня.

Увеличение зарядного напряжения и уменьшение времени для достижения максимальной его величины свидетельствует об ухудшении состояния аккумуляторов.

\*\*\*

1. Петрова М.В. Электрооборудование автономных объектов: учебное пособие. Ульяновск УлГТУ, 2016г.
2. Козадеров О.А., Введенский А.В. Современные химические источники тока: Учебное пособие. 3-е изд., испр. СПб.: Издательство «Лань» 2021. (Учебник для вузов. Специальная литература).

**Злобин В.Г., Пилипенко Н.Н., Саид М.**

**Сглаживание статистических распределений при анализе информации  
по эксплуатации объектов промышленной энергетики**

*Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского  
Государственного университета промышленных технологий и дизайна  
(Россия, Санкт-Петербург)*

*doi: 10.18411/iip-04-2023-02*

**Аннотация**

Рассматривается процедура сглаживания статистических функций распределения случайных величин в системе эксплуатации теплоэнергетических объектов путем подбора теоретических законов распределения и проверки гипотез с использованием критериев согласия. Приведен пример сглаживания статистической функции распределения полученной по данным выборки наработок газотурбинного двигателя до отказа с проверкой гипотезы предполагаемого теоретического распределения критерием согласия.

**Ключевые слова:** Случайная величина, статистическая функция распределения, гистограмма, вариационный ряд наработок ГТД до отказа, нормальный и экспоненциальный законы распределения, распределения Вейбулла и Пирсона, критерии согласия.

**Abstract**

The procedure of smoothing the statistical distribution functions of random variables in the system of operation of thermal power facilities by selecting theoretical distribution laws and testing hypotheses using the criteria of agreement is considered. An example is given of smoothing the statistical distribution function obtained from a sample of gas turbine engine developments to failure with a test of the hypothesis of the proposed theoretical distribution by the criterion of agreement.

**Keywords:** Random variable, statistical distribution function, histogram, variation series of GTD developments to failure, normal and exponential distribution laws, Weibull and Pearson distributions, agreement criteria.

Задача определения теоретического закона распределения случайной величины на основании статистических выборок имеет важное значение для математического моделирования системы эксплуатации теплоэнергетических объектов (ТЭО), так как вид закона определяет возможный подход и метод исследования при анализе и прогнозировании количественных характеристик системы эксплуатации объектов промышленной энергетики.

Построенные графики статистической функции распределения и гистограмму сравнивают с соответствующими графиками известных теоретических законов распределения и подбирают наиболее подходящий по форме закон. Этот подбор называется сглаживанием статистического закона распределения случайной величины. При удачном выборе считают, что случайная величина, представленная статистической выборкой, по которой построены графики функции распределения и гистограмма, подчиняется подобранному теоретическому закону распределения. Подбор количественно обосновывается. Для этого высказывают гипотезу о том, что случайная величина подчиняется некоторому закону распределения. Для проверки гипотезы используют критерии согласия. Они устанавливают условия, при которых гипотеза принимается или отвергается.

Случайная величина обладает целым набором допустимых значений, но в результате каждого отдельного опыта (наблюдения) принимает лишь какое-то одно из них. В отличие от неслучайных величин, изменяющих свое значение при изменении условий испытания, случайная величина может принимать различные значения даже при неизменном наборе числовых значений факторов. Изменение случайной величины от опыта к опыту связано с неучитываемыми, т.е. случайными факторами. Чтобы охарактеризовать случайную величину, надо задать набор ее допустимых значений.

При исследовании системы эксплуатации ТЭО встречаются дискретные и непрерывные случайные величины. Случайная величина называется дискретной, если множество её значений конечно. Дискретное распределение считается теоретически заданным, если известны все возможные значения  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , принимаемые величиной  $X$  и вероятности  $P(x)$  для каждого события  $X = x_i$ . Сумма вероятностей всех возможных значений случайной величины равна 1, так как тот факт, что случайная величина примет в результате опыта одно из своих значений, есть достоверное событие.

Случайная величина называется непрерывной, если её функция распределения всюду непрерывна. Для непрерывных случайных величин изучается вероятность того, что в результате опыта значение случайной величины попадет в некоторую заранее намеченную совокупность чисел. Эта вероятность является функцией от  $X$ :

$$P(X < x) = F(x) \quad (1)$$

и называется функцией распределения случайной величины.

Функция распределения дискретной случайной величины всегда есть разрывная ступенчатая функция, скачки которой происходят в точках, соответствующих возможным значениям случайной величины, и равны вероятностям этих значений. Чтобы сделать заключение о виде функции распределения случайной величины, строят статистическую функцию распределения.

Статистической функцией распределения называется такая функция, которая принимает значение, равное частоте события, состоящего в том, что случайная величина приняла значение меньше, чем аргумент функции:

$$F^*(x) = P^*(X < x) = m/n \quad (2)$$

Статистическая функция распределения представляет собой ступенчатую возрастающую от 0 до 1 функцию. Наиболее просто ее построить по статистическому ряду. По оси абсцисс откладывают границы разрядов (или значения середины разрядов). Значение функции, соответствующее первому аргументу (верхней границе первого разряда или его середине), равно частоте первого разряда. Каждое последующее значение функции увеличивают на величину частоты следующего разряда. Поскольку графики функций распределения известных теоретических законов распределения построены для непрерывной случайной величины, то чтобы сделать заключение о виде закона распределения случайной

величины, представленной статистической выборкой, по построенному ступенчатому графику статистической функции распределения проводят непрерывную сглаживающую кривую.

**Пример построения гистограммы и статистической функции распределения**

Имеется статистическая выборка наработок газотурбинного двигателя (ГТД) до отказа.

Объем выборки  $n = 125$ .

Размах варьирования  $H = t_{\max} - t_{\min} = 5000 - 1000 = 4000$  ч.

По данным выборки построены вариационные ряды (выборочная совокупность и статистический ряд), представленные в таблице 1, с числом интервалов  $K = 8$  и шагом интервала  $h = H/K = 4000/8 = 500$  ч.

Таблица 1

Вариационный ряд наработок ГТД до отказа.

Номер разряда $i$	Границы разряда $t_i, t_{i+1}$	Середина разряда $(t_i + t_{i+1})/2$	Частота $m_i$	Частость $P_i^* = m_i/n$
1	1000 – 1500	1250	3	0,024
2	1500 – 2000	1750	7	0,056
3	2000 – 2500	2250	20	0,16
4	2500 – 3000	2750	28	0,224
5	3000 – 3500	3250	30	0,24
6	3500 – 4000	3750	17	0,136
7	4000 – 4500	4250	15	0,12
8	4500 – 5000	4750	5	0,04

Оценка МО наработки ГТД до отказа:

$$\bar{t}^* = \sum_{i=1}^k \tilde{t}_i P_i = 1250 \cdot 0,024 + 1750 \cdot 0,056 + \dots + 4750 \cdot 0,04 = 3094, \text{ ч}$$

Оценка среднеквадратического отклонения СКО:

$$\sigma^* = \sqrt{\frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^k (\tilde{t}_i - \bar{t}^*)^2 P_i^*} =$$

$$= \sqrt{\frac{125}{124} [(1250 - 3094)^2 \cdot 0,024 + \dots + (4750 - 3094)^2 \cdot 0,04]} = 814 \text{ ч}$$

Точность и надежность оценки МО:

При доверительной вероятности  $\gamma = 0,95$  по таблицам математической статистики

$$t_\gamma = \frac{\varepsilon \sqrt{n}}{\sigma} = \Phi^{-1}(\gamma) = 1,645; \quad \varepsilon = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} t_\gamma = \frac{814 \cdot 1,645}{\sqrt{125}} = 117$$

Доверительный интервал для  $t^*$   $[3094 \pm 117]$  ч.

При  $n = 8$   $\varepsilon = 473$ . По табл.3.2:  $t_\gamma = 1,895$ ; тогда  $\varepsilon = 545$ ; ошибка:  $545/473 = 1,15$ .

На рисунке 1 показано построение статистической функции распределения по вариационному ряду, представленному в таблице 1.

Плотность распределения, соответствующая каждому интервалу, определяется отношением частости к ширине интервала:

$$f^*(x_i) = \frac{P_i^*}{x_{i+1} - x_i} \quad (3)$$

График статистического аналога плотности распределения случайной величины (дифференциального закона распределения) называется гистограммой. Гистограмма более наглядна для предположения о виде закона распределения. Она представляет собой ломаную, состоящую из отрезков, параллельных оси абсцисс. Для построения гистограммы над каждым отрезком оси абсцисс, соответствующим длине разрядов, строится прямоугольник, площадь которого пропорциональна частости в данном разряде. Если ширина всех интервалов

одинакова, то высота прямоугольников пропорциональна частотам. И если вычисления плотности не требуется, то при построении гистограммы высоту прямоугольников можно принять равной частотам разрядов.

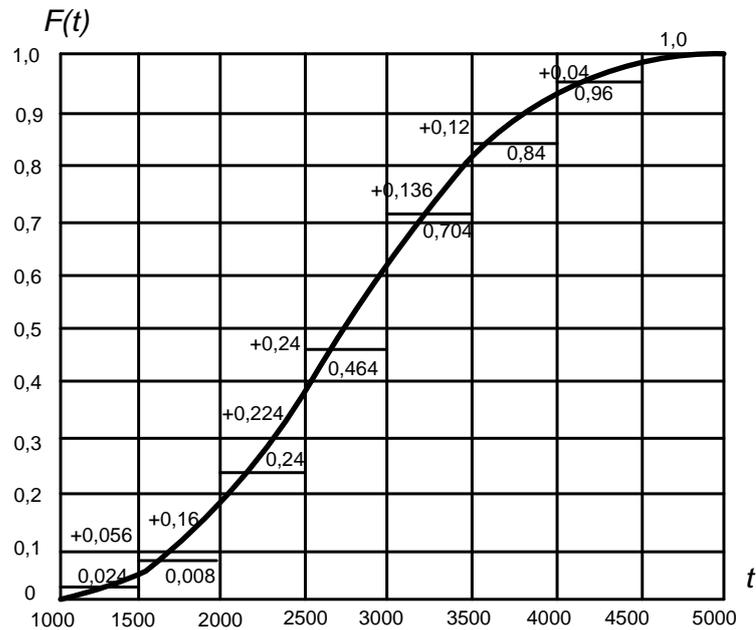


Рисунок 1. График статистической функции распределения.

Построение гистограммы показано на рисунке 2.

По построенной гистограмме проводят непрерывную сглаживающую кривую, которая приблизительно соответствует графику плотности случайной величины. Площадь под гистограммой равна 1.

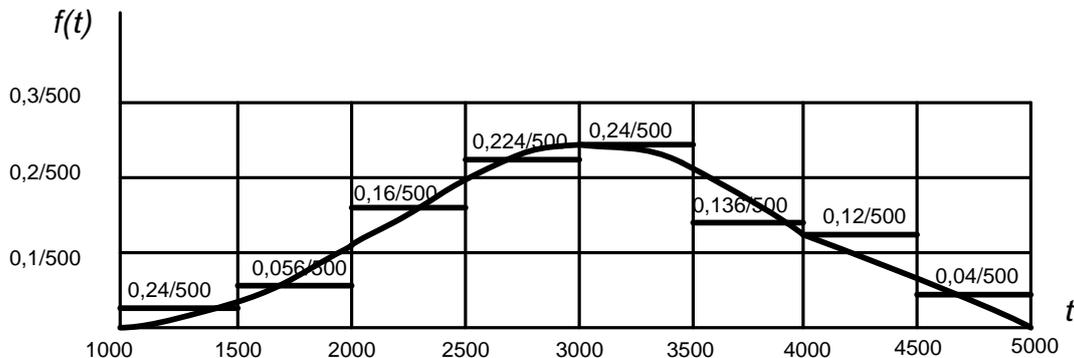


Рисунок 2. Гистограмма.

По построенной гистограмме проводят непрерывную сглаживающую кривую, которая приблизительно соответствует графику плотности случайной величины. Площадь под гистограммой равна 1.

Для каждой выборки эмпирическая функция распределения будет своей, но все эмпирические функции распределения одной и той же случайной величины будут иметь нечто общее, что является информацией о функции распределения этой случайной величины.

Согласно теореме Гливленко [3] с вероятностью 1 при  $n \rightarrow \infty$  максимальная разность между эмпирической и теоретической функциями распределения случайной величины стремится к нулю:

$$P \left\{ \max_{n \rightarrow \infty} |F^*(x) - F(x)| \rightarrow 0 \right\} = 1$$

Это означает, что при достаточно большой выборке функцию распределения генеральной совокупности можно приближенно заменить выборочной функцией распределения.

### **Пример сглаживания статистических распределений**

В теории вероятности и математической статистике для сглаживания статистических распределений наиболее часто используют нормальный закон распределения (или распределение Гаусса-Лапласа), экспоненциальный (или показательный) закон распределения и закон Вейбулла. Реже применяют распределения Пирсона, равномерное, гамма-, бета- и т.п., хотя есть отдельные прикладные задачи, в которых этим распределениям отдается предпочтение. Считается, что нормальное и экспоненциальное распределения являются двумя предельными законами, к которым при определенных условиях сходятся остальные распределения.

Формы графика статистической функции распределения (рис. 1) и гистограммы (рис.2) наглядно демонстрируют, что для сглаживания можно взять **нормальное (Гауссово) распределение**, графики функции распределения (рис.3) и плотности распределения (рис.4) которого подходят для предположения о виде теоретического закона распределения.

Нормальное распределение определяется двумя параметрами: математическим ожиданием  $m$  и среднеквадратичным отклонением  $\sigma$ .

Плотность нормального распределения

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-(z-m)^2/2\sigma^2} \quad (4)$$

Функция нормального распределения

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-(z-m)^2/2\sigma^2} dz \quad (5)$$

где  $Z = (x - m)/\sigma$ ;  $dz = dx/\sigma$ .

Нормальное распределение является симметричным, графики  $F(x)$  и  $f(x)$  показаны на рис.3 и рис. 4.

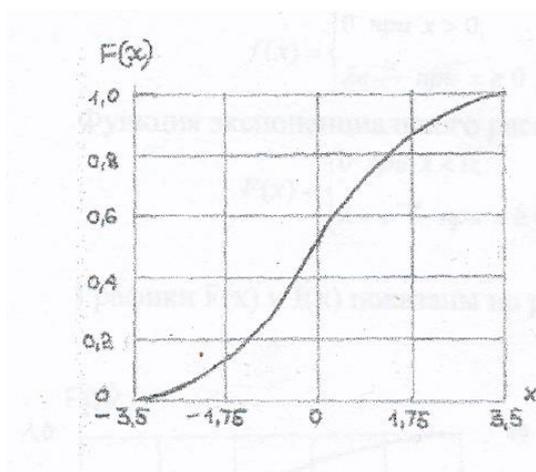


Рисунок 3. График функции нормального распределения.

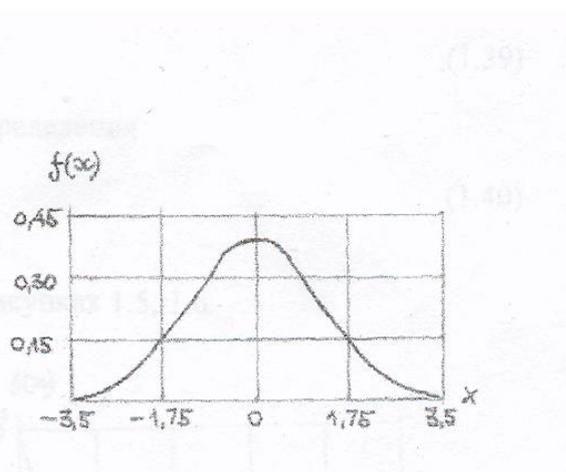


Рисунок 4. График плотности нормального распределения.

При  $m = 0$  и  $\sigma = 1$  нормальное распределение называется нормированным. Нормированное нормальное распределение описывается:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-z^2/2} ; \quad F_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-z^2/2} dz = \Phi(x) \quad (6)$$

Значения функции Лапласа  $\Phi(x)$  приведены в таблице 1.1 [1]. Поэтому при использовании для проверки согласия эмпирического и теоретического законов нормального распределения значения функции или плотности распределения определяют для *параметра*  $(x-m)/\sigma$ .

Изменение величины МО  $m$  не меняет форму графиков, а приводит лишь к их сдвигу вдоль оси  $X$ : вправо – с ростом  $m$ ; влево – с уменьшением  $m$ . С ростом СКО  $\sigma$  максимальная ордината плотности нормального распределения уменьшается, график становится более пологим, прижимается к оси  $X$ ; при уменьшении СКО график становится более островершинным.

Для нормального распределения все возможные значения случайной величины с вероятностью, близкой к 1 ( $\sim 0,998$ ), покрываются интервалом  $\pm 3\sigma$  от МО. Поэтому если при вычислении точечных оценок случайной величины  $X$  получены  $x^*$  и  $\sigma^*$  такие, что  $|X-x^*| < 3\sigma^*$ , то можно предполагать, что ее закон распределения близок к нормальному.

Для проверки гипотезы о виде теоретического закона распределения, которому подчинена случайная величина, используют несколько критериев согласия. Они различаются между собой тем, что мерой расхождения между теоретическим и статистическим распределениями у них служат разные величины. Наиболее часто используют критерии согласия Пирсона  $\chi^2$ , Колмогорова  $\Delta$  и критерий  $\Omega^2$ , не обозначенный собственным именем. При использовании критериев согласия Пирсона и Колмогорова число наблюдений (объем выборки) согласно ГОСТ должно быть больше 100, а при использовании критерия  $\Omega^2$  – больше 50.

В рассматриваемом примере воспользуемся *Критерием  $\chi^2$  Пирсона*.

В этом критерии в качестве меры расхождения между статистическим и теоретическим распределениями принята величина суммы квадратов отклонений в разрядах теоретических вероятностей от соответствующих частотей, взятых с некоторыми весовыми коэффициентами:

$$x = \sum_{i=1}^k (P_i - P_i^*) C_i \quad (7)$$

Весовые коэффициенты  $C_i$  выравнивают значимость отклонений в разных разрядах, т.е. считается, что при больших значениях отклонения более значимы и наоборот. Величина  $x$  рассчитывается по формуле:

$$x = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - m_i^*)^2}{m_i} \quad (8)$$

где  $m_i, m_i^*$  – соответственно теоретическая и статистическая частоты разряда.

Пирсон показал, что величина  $x$  подчинена распределению  $\chi^2$  с числом степеней свободы  $n = k - r - 1$ . Здесь  $r$  – количество условий, накладываемых на частоты при вычислении числовых характеристик по выбранному теоретическому закону распределения, т.е. число параметров теоретического распределения, согласие с которым проверяется.

Для распределения  $\chi^2$  составлена таблица вероятностей  $P = P\{x < \chi_q^2\}$  для различного числа степеней свободы, где  $x$  – наблюдаемое значение критерия – рассчитывается по (1.44);  $\chi_q^2$  – табличное значение, т.е. случайная величина меры расхождения. Вероятность  $P\{x < \chi_q^2\}$  определяется по таблице 2.1,а [1], в которую входят с вычисленным значением  $x$  и числом степеней свободы  $n$ .

Принято, что при  $P = P\{x < \chi_q^2\} \geq 0,1$  теоретический закон хорошо согласуется со статистическим. При  $P = 0,05 - 0,1$  согласие не определено, так как не хватает статистических данных. При  $P = 0,01 - 0,05$  гипотеза о согласии не принимается, закон распределения выбран неудачно.

Алгоритм проверки согласия по критерию  $\chi^2$  состоит из следующих этапов:

- результаты наблюдений представить вариационным рядом  $t_1, t_2, \dots, t_n$ ;

- определить размах выборки  $t_n - t_1$ ;
- принять или вычислить количество интервалов ( $k = 8 \div 20 \sqrt{k} = \sqrt{n} \cdot \sqrt{k} = 1 + 3,2 \lg n$ );
- определить шаг интервалов:  $h = (t_n - t_1) / k$ ;
- подсчитать частоту интервалов  $m_i^*$ ;
- вычислить теоретическую вероятность попадания случайной величины в каждый интервал по принятому по гипотезе закону распределения;
- рассчитать величину  $x$ ;
- вычислить число степеней свободы  $\chi^2$  при данном распределении:  $n = k - r - 1$ ;
- по таблице 2.1,а [1] определить  $P\{x < \chi_q^2\}$ ;
- проверить выполнение условия  $P\{x < \chi_q^2\} \geq 0,1$ .

Замечание. Можно определять согласие по таблице 2.2,а [1], в которую входят с предварительно принятым уровнем значимости  $Q = 1 \div 5\%$  и числом степеней свободы  $n$ . Если рассчитанное значение  $x$  больше полученного по таблице, то гипотеза о согласии отвергается.

При проверке согласия удобно пользоваться таблицами. Форма таблицы для проверки гипотезы о согласии эмпирического распределения с нормальным и пример её использования для вариационного ряда наработок ГТД до отказа (см. таблицу 1) показаны в таблице 2 (для  $n = 125$ ;  $h = 500$  ч;  $t^* = 3094$  ч;  $\sigma^* = 814$  ч).

Таблица 2

Проверки гипотезы о согласии эмпирического распределения с нормальным.

Номер разряда	Значение середины разряда	Аргумент функции нормального распределения	Плотность нормального распределения	Частоты		Значение критерия Пирсона в разряде
				теоретическая	статистическая	
$i$	$\check{t}_i$	$\frac{\check{t}_i - \bar{t}^*}{\sigma}$	$\varphi\left(\frac{\check{t}_i - \bar{t}^*}{\sigma}\right)$	$m_i = \frac{n \cdot h}{\sigma} \varphi\left(\frac{\check{t}_i - \bar{t}^*}{\sigma}\right)$	$m_i^*$	$\frac{(m_i - m_i^*)^2}{m_i}$
1	1250	-2,27	0,0303	2,33	3	0,19
2	1750	-1,65	0,1023	7,85	7	0,09
3	2250	-1,04	0,2323	17,84	20	0,26
4	2750	-0,42	0,3653	28,05	28	0
5	3250	0,19	0,3918	30,08	30	0
6	3750	0,81	0,2873	22,06	17	1,16
7	4250	1,42	0,1456	11,18	15	1,31
8	4750	2,03	0,0539	4,14	5	0,18
$\sum_{i=1}^k \frac{(m_i - m_i^*)^2}{m_i}$ Значение критерия Пирсона для выборки						3,19

Примечание:

- плотность нормального распределения  $\varphi\left(\frac{\check{t}_i - \bar{t}^*}{\sigma}\right)$  определяется по таблице 1.2 [1];
- $\varphi(-x) = \varphi(x)$ , т.к. нормальное распределение симметрично.

**Результат проверки гипотезы**

Т.к. по таблице 2.1,а [1]  $P\{x < \chi_q^2\} = 0,67 > 0,1$ , то гипотеза о согласии с нормальным распределением принимается (в таблице 2.1,а [1] вход с параметрами  $x = 3,19$ ;  $q = 8 - 2 - 1 = 5$ ).

Таким образом, можно уверенно говорить о нормальном законе распределения функции наработки ГТД до отказа.

Сглаживанием статистических распределений заканчивается первичная обработка статистических выборок. Подбирать подходящее теоретическое распределение приходится из-за того, что эмпирический закон распределения не дает возможности решать ряд задач статистического анализа и соответственно прикладных задач эксплуатации ТЭО, требующих его применения. Например, это относится к задачам прогнозирования вероятностных характеристик за пределами участка наблюдения или регистрации статистической информации. Результаты прогнозирования на основе хорошо изученного теоретического закона распределения случайной величины обладают большой достоверностью. При статистическом моделировании процессов эксплуатации ТЭО использование теоретических законов распределения существенно облегчает реализацию имитационных моделей, расширяет возможности разработки иных математических моделей для научного обоснования принимаемых решений.

\*\*\*

1. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики.–М.: наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.
2. Калихман И. Л., Четыркин Е. М. Вероятность и статистика. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 320 с.
3. Коломаев В. А. и др. Теория вероятности и математическая статистика. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.
4. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Высш. школа, 1972.
5. Гурский Е. Н. Теория вероятностей с элементами математической статистики. - М.: Высш. школа, 1971.
6. Драйпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.
7. Коваленко И. Н., Филиппов А. А. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высш. школа, 1973.
8. Карасев А. И. Основы математической статистики. – М.: Росвузиздат, 1962. – 368 с.
9. Справочник по теории вероятностей и математической статистике // В. С. Королук, Н. Н. Портенко и др. - М.: Наука, 1985.

## РАЗДЕЛ II. МЕТАЛЛУРГИЯ

Ульяновская Э.В.

### Влияние технологической схемы горячего прессования на структуру и свойства порошковых железоуглеродистых материалов

*Южно-Российский государственный политехнический университет им.М.И. Платова  
(Россия, Новочеркасск)*

doi: 10.18411/iip-04-2023-03

#### **Аннотация**

Исследовано влияние технологической схемы горячего прессования с электроконтактным нагревом на структуру и свойства порошковых железоуглеродистых материалов.

Исследована кинетика уплотнения железоуглеродистых шихт при горячем прессовании с нагревом прямым пропусканием тока. Определено распределение температуры в формуемом по разным технологическим схемам материале. Сделан вывод о равномерности распределения углерода в железной матрице, полноте протекания диффузионных и восстановительных процессов.

**Ключевые слова:** горячее прессование, электроконтактный нагрев, каменноугольный пек, железный порошок, активация спекания, гомогенизация материала.

#### **Abstract**

The influence of the technological scheme of hot pressing with electric contact heating on the structure and properties of powdered iron-carbon materials has been studied.

The kinetics of compaction of iron-carbon charges during hot pressing with heating by direct current transmission has been studied. The temperature distribution in the material molded according to different technological schemes has been determined. The conclusion is made about the uniformity of the distribution of carbon in the iron matrix, the completeness of the diffusion and reduction processes.

**Keywords:** hot pressing, electric contact heating, coal tar pitch, iron powder, sintering activation, homogenization of the material.

Расширение применения деталей и заготовок из высокоплотного порошкового материала, получаемого из металлических порошков, требует детального изучения факторов, определяющих его механические свойства. Известно, что со снижением пористости менее 2% роль неметаллических включений становится определяющей при формировании структуры и свойств порошковых материалов [1]. В работе [2] изучали химический состав железоуглеродистых материалов, полученных горячим прессованием с электроконтактным нагревом. Было показано, что применение в качестве углеродсодержащей добавки высокотемпературного каменноугольного пека для получения порошковой стали приводит к восстановлению оксидных пленок на поверхности частиц железного порошка, а применение схемы горячего прессования с электроконтактным нагревом позволяет вывести за пределы порошковой заготовки продукты восстановления. Получаемый материал содержит кислорода на порядок меньше, чем исходный железный порошок. В работе [3] исследовали особенности процесса уплотнения железо-пековой шихты по сравнению с содержащей в своем составе графит в качестве углерод-содержащего компонента. При нагреве пек плавился, что способствовало благоприятной ориентации и укладке частиц порошка на начальной стадии спекания и, как следствие, равномерному протеканию тока по сечению образца и уплотнению прессовки на последующих стадиях процесса. Плотность материала оказалась близкой к плотности литых сталей.

Наряду с упомянутыми выше положительными результатами введения пека в шихту на ряде образцов, было отмечено наличие разноплотности, связанное с особенностями распределения температурных полей, присущего методу горячего прессования с нагревом прямым пропусканием электрического тока через шихту между двумя пуансонами-электродами. В средней части образца в приповерхностных слоях остается область недоуплотненного материала, что объясняется спадами температуры в этих областях, причем этот эффект проявляется тем сильнее, чем больше коэффициент теплоотдачи «металл - атмосфера спекания» и чем меньше удельная теплопроводность спекающей системы [4]. Это было замечено в ходе выполнения работы [2]. В средней части цилиндрических образцов в приповерхностных слоях образовывалось кольцо с плоскостной пористостью до 50 %.

Целью настоящей работы является изучение влияния схемы пропускания электрического тока через шихту на разноплотность и свойства железоуглеродистых материалов, получаемых горячим прессованием с электроконтактным нагревом.

Исследовали три технологических схемы, отличающиеся способом пропускания тока через шихту. Схема № 1 горячего прессования с электроконтактным нагревом представляет собой классическую схему горячего прессования и реализуется при пропускании суперпозиции переменного и постоянного электрических токов через шихту между электродами-пуансонами в направлении давления прессования (рис. 1 а). В технологической схеме № 2 (рис. 1 б) нагрев производится за счет пропускания через шихту переменного трехфазного тока, направляемого перпендикулярно давлению прессования между тремя призматическими электродами, образующими стенки пресс-формы совместно с разделительными керамическими пластинами и расположенными под углом  $120^\circ$  по отношению друг к другу. Шесть электродов, расположенных с угловым шагом  $60^\circ$ , попеременно включаются (по три штуки) с интервалами в 1 секунду. В схеме № 3 (рис. 1 в) к трехфазному переменному току добавили также постоянный ток, пропускаемый через электроды-пуансоны в направлении прессования аналогично схеме № 1. Отличие состоит в том, что последние изолируются от стенок матрицы (призматических электродов) керамическими трубками.

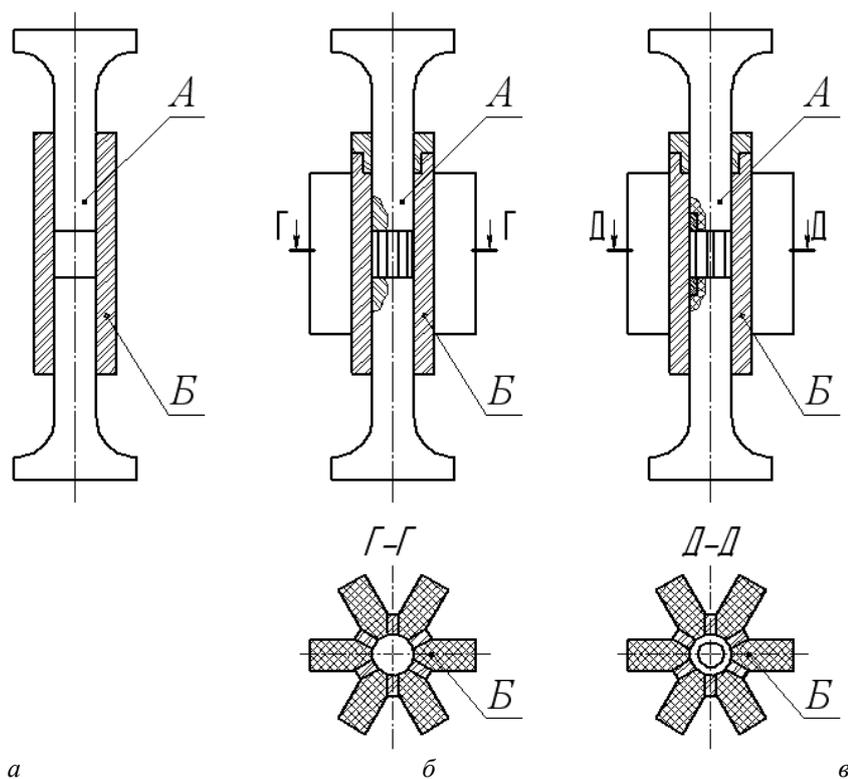


Рисунок 1. Технологические схемы производства порошковых сталей:  
а – схема № 1, б – схема № 2, в – схема № 3.

После засыпки шихты в форму и приложения давления было установлено, что железо-графитовая шихта уплотняется по сравнению с железо-пековой лучше, что объясняется влиянием графита как твердой смазки между шихтой и стенками матрицы, а также между частицами железного порошка. Однако, при прохождении тока через шихту (во время начальной стадии прессования) плавящийся пек способствует улучшению условий трения между частицами и, как следствие, к выгодному их перераспределению так, что в объеме порошковой массы образуется большее число межчастичных контактов, на которых возникают высокотемпературные электрические разряды, чем при обработке железо-графитовой шихты [3]. В данной работе исследовали влияние типа углеродсодержащего компонента при прессовании с различными схемами нагрева шихты.

После приложения давления происходило незначительное уплотнение шихты. При этом железо-графитовая шихта уплотнялась лучше, чем шихта с пеком (в начальный момент времени расстояние между пуансонами  $h$  при прессовании железо-графитовой шихты 12,1 мм, железо-пековой шихты - 12,4 мм). В процессе прессования характер уплотнения меняется. Возрастает эффект смазывания при плавлении пека.

Для оценки распределения температуры в формуемом материале в процессе прессования измеряли температуру в двух точках: А и Б (рис. 1). Причем технологические режимы задавались таким образом, чтобы обеспечить одинаковую температуру и её изменение в точке А для всех трех схем прессования. В этой точке задавался нагрев шихты со скоростью  $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$  до температуры  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , изотермическая выдержка при данной температуре до прекращения подачи тока и охлаждение образца с матрицей на воздухе. Анализ кривых изменения температуры показывает, что нагрев материала во всех схемах неравномерен. Наибольшая разница между значениями температуры в точках замеров имеется в схеме № 1. В ходе нагрева градиент температуры между областью, прилегающей к пуансону, и областью, прилегающую к стенке матрицы в центральной части засыпки, составляет от 100 в начале нагрева до  $350 - 400\text{ }^{\circ}\text{C}$  в конце нагрева. В процессе изотермической выдержки разница сокращается до  $90 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Максимальная зафиксированная температура в точке Б составила  $1100 - 1120\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В схемах № 2 и № 3 разогрев происходил в первую очередь в центральной части призматических пуансонов (точка Б). Согласно результатам измерения температуры в этой точке она выше по сравнению с точкой А в начале нагрева ( $t = 0... 10\text{ с}$ ) на  $50 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  для схемы № 2 и  $30 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  для схемы № 3. Далее разница значений температуры уменьшается, а к моменту начала изотермической выдержки значения температуры в точках А и Б выравниваются. При этом стоит заметить меньшую разницу температур при нагреве по схеме № 3 по сравнению со схемой № 2. Это объясняется наличием постоянного тока в схеме № 3, пропускаемого через шихту между пуансонами аналогично схеме № 1.

Таким образом, можно отметить отличие схем № 2 и № 3 от схемы № 1 равномерным распределением температуры в формуемом материале и направлением градиентов температуры. В схеме № 1 разогрев начинается в областях, прилегающих к центрам пуансонов, и движется к центральной части формовки и от оси к стенкам матрицы. В схеме № 2 – наоборот. Разогрев начинается у центральных областей призматических электродов и продвигается к центру формовки и в сторону её торцев (к пуансонам). В схеме № 3 создаются сразу два горячих фронта. Первый (основной) распространяется аналогично схеме № 2, второй (вспомогательный) – аналогично схеме №1. В результате действия этих двух составляющих нагрева достигается наиболее равномерное распределение температуры в формуемом образце при отступлении «холодных» областей в зону сопряжения керамических пластинок, изолирующих друг от друга призматические электроды, с керамическими изоляторами пуансонов. Эти выводы об изменении температуры в объеме материала основываются не только на результатах замера температуры в точках А и Б, но и на результатах замеров распределения пористости в осевых сечениях образцов через определенные интервалы процесса горячего прессования.

Для этого вычисляли плоскостную пористость через 10, 20 и 30 секунд после начала пропуска тока. В первых двух случаях применяли метод планиметрирования. Изменение

распространения областей плотного материала подтверждает правильность сделанных выводов о распределении градиентов температуры при реализации различных технологических схем. Равномерная плотность образца достигается только в схеме № 3. В схемах № 1 и № 2 остаются пористыми поверхностные зоны, соответственно, в центральной части и у торцов образцов. Таким образом, изменяя схему пропускания тока и технологические режимы можно управлять направлением движения фронта плотного материала, а, следовательно, направлением вытеснения газообразных продуктов восстановительно-окислительных реакций, протекающих в процессе горячего прессования, с целью вывода их за пределы прессовки. «Целью» их доставки является область сопряжения стенки матрицы с пуансонами (далее, через зазор между пуансоном и матрицей продукты восстановления выводятся в атмосферу). Непосредственно в этой зоне завершается уплотнение материала при реализации схемы № 3. Во время прессования по схемам № 1 и № 2 газы после выхода из прессовки должны преодолеть некоторое расстояние вдоль боковой и торцевой поверхности соответственно. Это оказывает существенное влияние на химический состав получаемого материала (таблица 1). Результаты химического анализа показывают минимальное окисление образцов (для каждого отдельного углеродсодержащего компонента), получаемых по схеме № 3. Это можно объяснить, во-первых, наименьшим временем нахождения материала при высокой температуре, во-вторых, улучшенными условиями отвода продуктов окислительно-восстановительных реакций за пределы прессовки.

Таблица 1

## Химический состав исследуемых материалов.

Технологическая схема	Тип углеродсодержащего компонента			
	ГИСМ		ВП	
	Содержание химических элементов в получаемом материале, мас. %			
	кислород	углерод	кислород	углерод
1	0,20 – 0,30	0,40 – 0,45	0,021 – 0,050	0,43 – 0,51
2	0,19 – 0,20	0,42 – 0,45	0,020 – 0,030	0,45 – 0,49
3	0,17 – 0,20	0,43 – 0,46	0,009 – 0,010	0,45 – 0,48

ВП – высокотемпературный пек,

ГИСМ – графит искусственный специальный малозольный.

Сравнивая влияние углеродсодержащего компонента на содержание кислорода в материале, следует отметить хорошие восстановительные свойства атмосферы, образующейся в результате разложения каменноугольного пека. Применение этого углеродсодержащего компонента позволило приблизиться к результату, достигаемому при изготовлении материала по традиционной технологии из дорогостоящих порошков, получаемых путем электрошлакового переплава с последующим распылением инертным газом [5].

Определение предела прочности и относительного удлинения образцов, вырезанных из разных областей прессовки, позволило сделать вывод о равномерности распределения основного легирующего элемента – углерода в железной матрице, а значит о полноте протекания диффузионных процессов в зависимости от технологической схемы получения материала.

В работе [2] было выявлено положительное влияние введения пека в шихту при горячем прессовании железноуглеродистых материалов. Исследовалась первая схема согласно обозначениям, принятым в настоящей работе.

Наименьший разброс значений предела прочности по объему прессовки имеют образцы, полученные в результате прессования железо-пековой шихты по технологической схеме № 3. При этом прочность достигает 976 МПа при относительном удлинении 7,6 %. В отсутствие постоянного тока, пропускаемого через шихту в осевом направлении (технологическая схема № 2), эти показатели понижаются до 895 МПа и 6,1 % соответственно. При этом следует отметить «отставание» центральной части образцов от поверхностных зон, что можно объяснить снижением теплообразования в средней части и, как следствие, ухудшением условий

сплавообразования. Самой низкой прочностью ( $\sigma_b = 680$  МПа) и пластичностью ( $\delta = 1,9$  %) обладают образцы, изготавливаемые по схеме № 1 с использованием суперпозиции переменного и постоянного токов, пропускаемых в направлении прессования. Теплоотвод через стенки матрицы затрудняет процессы срачивания в поверхностных слоях образца. Получаемые таким образом прессовки имеют высокую остаточную пористость. Прочность поверхностных слоев ниже сердцевины в среднем в два раза, пластичность – в 8 раз. В схемах № 2 и № 3 свойства материала в центральной части мало отличаются от поверхностных слоев.

Таким образом, исследована кинетика уплотнения железуглеродистых шихт при горячем прессовании с нагревом прямым пропускаем тока. При этом отмечается активация спекания при легировании железа пеком по сравнению с ГИСМ. Это обусловлено, во-первых, более выгодным распределением частиц в начальной стадии процесса за счет смазывания частиц плавящимся пеком, что ведет к появлению большего количества межчастичных контактов, на которых возникает плавление металла, во-вторых, большей диффузионной активностью углерода термической деструкции пека по сравнению с углеродом ГИСМ. Применение матрицы, в стенки которой внедрены электроды, уменьшает потери тепла во внешнюю среду и обеспечивает равномерное протекание электрического тока в объеме формируемого материала, что способствует интенсификации сплавообразования и гомогенизации материала.

Снижение содержания кислорода в материале за счет восстановления оксидных пленок продуктами разложения высокотемпературного пека обеспечивает получение порошковых сталей с относительным удлинением до 7,5 % при временном сопротивлении разрыву до 950 МПа.

\*\*\*

1. Дорофеев Ю. Г. Динамическое горячее прессование пористых порошковых заготовок. М.: Metallurgy, 1977. 216 с.
  2. Дорофеев В.Ю., Яицкий Д.Л., Еремеева Ж.В., Ульяновский А.П. Влияние типа углеродсодержащего компонента и способа формования шихты на химический состав железуглеродистых материалов // Metallurg. 2002. №8. С. 45-46.
  3. Ульяновский А. П., Еремеева Ж. В. Кинетика уплотнения порошковых композиций железо-графит и железопек при электроразрядном спекании // Технология металлов. 2003. №11. С.8-10.
  4. Гермель В., Зигель С., Ошкадеров С. П., Андрущик Л. О., Швитай В. А. Влияние различных способов нагрева на формирование пористой структуры при спекании железа // Порошковая металлургия. 1986. № 1. С. 23-25.
  5. Miller Patricia. New process development for powder metallurgy high speed steels and tool steels. Adv. Process. Techn.: Proc. Int. Conf. And Exhib. Powder Met. And Particul. Mater., Toronto, May 8-11, 1994. Princeton (N. J.). 1994, P. 235-249.
-

## РАЗДЕЛ III. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Попов И.П.<sup>1</sup>, Парышев Д.Н.<sup>1</sup>, Моисеев О.Ю.<sup>1</sup>, Харин В.В.<sup>1</sup>, Мосин А.А.<sup>1</sup>,  
Парышев Н.Д.<sup>2</sup>, Харин Д.А.<sup>3</sup>

Моделирование осциллятора из трех грузов

<sup>1</sup>ЗАО «Курганстальмост»

<sup>2</sup>ООО «АЙРВЕНТ»

(Россия, Курган)

<sup>3</sup>Уральский федеральный университет

им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

(Россия, Екатеринбург)

doi: 10.18411/iip-04-2023-04

### Аннотация

Рассматривается возможность возникновения свободных синусоидальных линейных колебаний в механическом монореактивном осцилляторе с тремя грузами. Основное отличие такого осциллятора от классического маятника состоит в исключении из энергообмена потенциальной энергии.

**Ключевые слова:** несбалансированность, асимметрия, виброзащита, симметричная схема, трехкоординатная система, кинематика.

### Abstract

The possibility of occurrence of free sinusoidal linear oscillations in a mechanical monoreactive oscillator with three weights is considered. The main difference between such an oscillator and a classical pendulum is the exclusion of potential energy from energy exchange.

**Keywords:** imbalance, asymmetry, vibration protection, symmetrical scheme, three-coordinate system, kinematics.

**Введение.** В классическом механическом осцилляторе свободные синусоидальные колебания обусловлены взаимным преобразованием кинетической энергии в потенциальную [1–3].

Известен осциллятор, в котором свободные синусоидальные колебания сопровождаются трансформацией кинетической энергии инертного элемента в кинетическую же энергию другого инертного элемента [4, 5]. Элементы с другим характером реактивности в таком осцилляторе отсутствуют. Такой осциллятор по существу является *монореактивным*, а именно: *m-m* [6, 7].

Недостатком этого осциллятора является его несбалансированность в силу асимметрии конструкции, что может требовать дополнительных виброзащитных мер.

Этого недостатка можно избежать, используя симметричную схему с тремя грузами.

Актуальность работы обусловлена тем, что механические колебания широко распространены в разнообразных технологических процессах [8–10].

**Моделирование осциллятора с тремя грузами.** Для целей настоящей работы удобно использовать плоскую трехкоординатную систему аналогичную трехфазной системе координат, применяемой в электротехнике. Для произвольного вектора  $\mathbf{R}$ , лежащего в трехкоординатной плоскости  $Z$ , начало которого совпадает с началом координат, справедлива

Теорема 1. Координаты  $x_1, x_2, x_3$  вектора  $\mathbf{R}$  образуют правильный треугольник, размер которого не меняется при произвольном повороте вектора  $\mathbf{R}$ .

Доказательство. Координаты вектора  $\mathbf{R}$  имеют вид:

$$x_1 = R \cos \varphi, \quad (1)$$

$$x_2 = R \cos\left(\frac{\pi}{3} - \varphi\right), \quad (2)$$

$$x_3 = R \cos\left(\frac{2\pi}{3} - \varphi\right). \quad (3)$$

где  $\varphi$  – угол между вектором  $\mathbf{R}$  и осью  $Ox_1$ .

С учетом теоремы косинусов

$$\begin{aligned} (x_1 x_2)^2 &= R^2 \left[ \cos^2 \varphi + \cos^2\left(\frac{\pi}{3} - \varphi\right) - 2 \cos \varphi \cos\left(\frac{\pi}{3} - \varphi\right) \cos \frac{\pi}{3} \right] = \\ &R^2 \left[ \cos^2 \varphi + \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right)^2 - 2 \cos \varphi \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right) \frac{1}{2} \right] = \\ R^2 \left[ \cos^2 \varphi + \frac{1}{4} \cos^2 \varphi + \frac{3}{4} \sin^2 \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi - \frac{1}{2} \cos^2 \varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi \right] &= \frac{3}{4} R^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (x_1 x_3)^2 &= R^2 \left[ \cos^2 \varphi + \cos^2\left(\frac{2\pi}{3} - \varphi\right) - 2 \cos \varphi \cos\left(\frac{2\pi}{3} - \varphi\right) \cos \frac{2\pi}{3} \right] = \\ &R^2 \left[ \cos^2 \varphi + \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right)^2 - 2 \cos \varphi \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right) \left(-\frac{1}{2}\right) \right] = \\ R^2 \left[ \cos^2 \varphi + \frac{1}{4} \cos^2 \varphi + \frac{3}{4} \sin^2 \varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi - \frac{1}{2} \cos^2 \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi \right] &= \frac{3}{4} R^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (x_2 x_3)^2 &= R^2 \left[ \cos^2\left(\frac{\pi}{3} - \varphi\right) + \cos^2\left(\frac{2\pi}{3} - \varphi\right) - 2 \cos\left(\frac{\pi}{3} - \varphi\right) \cos\left(\frac{2\pi}{3} - \varphi\right) \cos \frac{\pi}{3} \right] = \\ &R^2 \left[ \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right)^2 + \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right)^2 - \right. \\ &\left. - 2 \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right) \left(-\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi\right) \frac{1}{2} \right] = \\ &R^2 \left[ \frac{1}{4} \cos^2 \varphi + \frac{3}{4} \sin^2 \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi + \frac{1}{4} \cos^2 \varphi + \right. \\ &\left. + \frac{3}{4} \sin^2 \varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi \sin \varphi + \frac{1}{4} \cos^2 \varphi - \frac{3}{4} \sin^2 \varphi \right] = \frac{3}{4} R^2 \end{aligned}$$

Треугольник  $x_1 x_2 x_3$  является правильным с фиксированной стороной равной  $\frac{3}{4}R$ .  
Торема доказана.

**Теорема 2.** Середина вектора  $\mathbf{R}$  совмещена с центром треугольника  $x_1 x_2 x_3$ .

**Доказательство.** Далее середина вектора  $\mathbf{R}$  обозначается  $r$ .

С учетом теоремы косинусов

$$(x_1 r)^2 = R^2 \left( \cos^2 \varphi + \frac{1}{4} - 2 \cos \varphi \frac{1}{2} \cos \varphi \right) = \frac{R^2}{4}$$

$$(x_2 r)^2 = R^2 \left[ \cos^2 \left( \frac{\pi}{3} - \varphi \right) + \frac{1}{4} - 2 \cos \left( \frac{\pi}{3} - \varphi \right) \frac{1}{2} \cos \left( \frac{\pi}{3} - \varphi \right) \right] = \frac{R^2}{4}$$

$$(x_3 r)^2 = R^2 \left[ \cos^2 \left( \frac{2\pi}{3} - \varphi \right) + \frac{1}{4} - 2 \cos \left( \frac{2\pi}{3} - \varphi \right) \frac{1}{2} \cos \left( \frac{2\pi}{3} - \varphi \right) \right] = \frac{R^2}{4}$$

Расстояния от точек  $x_1$  и  $x_2$  до точки  $r$  являются одинаковыми. Поэтому точка  $r$  лежит на прямой, которая перпендикулярна стороне треугольника  $x_1 x_2$  и проходит через ее середину.

То же самое можно сказать про сторону треугольника  $x_1 x_3$ .

Из этого следует, что точка  $r$  относится к высотам треугольника  $x_1 x_2 x_3$ , а это возможно, только если она совпадает с их пересечением. Пересечение же высот правильного треугольника, которым в соответствии с теоремой 1 является  $x_1 x_2 x_3$ , совпадает с центром треугольника.

**Теорема доказана.**

Обе доказанные теоремы дают представление о пространственной схеме монореактивного осциллятора с тремя грузами, представленной на рисунке.

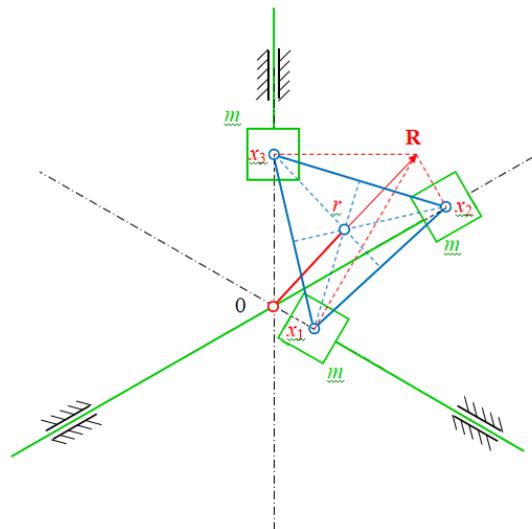
**Кинематика монореактивного осциллятора с тремя грузами.** Далее принимается, что внешние по отношению к осцилятору силы отсутствуют. Массы вспомогательных элементов осциллятора считаются равными нулю. Потерь на трение нет.

В соответствии с выражениями (1)–(3) мгновенные скорости инертных элементов осциллятора равны

$$\frac{dx_1}{dt} = -R \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt},$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -R \sin \left( \frac{\pi}{3} - \varphi \right) \frac{d\varphi}{dt},$$

$$\frac{dx_3}{dt} = -R \sin \left( \frac{2\pi}{3} - \varphi \right) \frac{d\varphi}{dt}.$$



Монореактивный осциллятор с тремя грузами

Рисунок 1.

При свободных синусоидальных колебаниях полная энергия осциллятора со временем не меняется. В монореактивном инертном осцилляторе потенциальная энергия отсутствует. Поэтому полная энергия является исключительно кинетической. В этой связи справедливо выражение

$$T = 0,5mR^2 \left[ \sin^2 \varphi + \sin^2 \left( \frac{\pi}{3} - \varphi \right) + \sin^2 \left( \frac{2\pi}{3} - \varphi \right) \right] \left( \frac{d\varphi}{dt} \right)^2 =$$

$$= 0,75mR^2 \left( \frac{d\varphi}{dt} \right)^2 = const$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = C_1,$$

$$\varphi = C_1 t + C_2.$$

Для нахождения постоянных интегрирования следует учесть начальные условия

$$\varphi(0) = \varphi_0,$$

$$\frac{d\varphi}{dt}(0) = \omega_0.$$

Отсюда

$$C_2 = \varphi_0,$$

$$C_1 = \omega_0.$$

С учетом полученного значения  $\varphi$  выражения (1) – (3) конкретизируются

$$x_1 = R \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (4)$$

$$x_2 = R \cos\left(\frac{\pi}{3} - \omega_0 t - \varphi_0\right), \quad (5)$$

$$x_3 = R \cos\left(\frac{2\pi}{3} - \omega_0 t - \varphi_0\right), \quad (6)$$

Для значений

$$x_1(0) = x_{10},$$

$$\frac{dx_1}{dt}(0) = v_{10}.$$

имеют место выражения

$$\cos \varphi_0 = \frac{x_{10}}{R},$$

$$\varphi_0 = \arccos \frac{x_{10}}{R} = \arcsin \sqrt{1 - \frac{x_{10}^2}{R^2}}.$$

$$-R\omega_0 \sin(\omega_0 0 + \varphi_0) = v_{10},$$

$$\omega_0 = -\frac{v_{10}}{\sqrt{R^2 - x_{10}^2}}.$$

**Заключение.** Полученные результаты показывают, что в монореактивном осцилляторе с тремя грузами возможно возникновение свободных синусоидальных колебаний грузов, обусловленных взаимным обменом кинетической энергией между ними.

В соответствии с формулами (4) – (6) при свободных синусоидальных колебаниях вектор **R** вращается с неизменной угловой скоростью  $\omega$ .

Правильный треугольник  $x_1x_2x_3$  совершает двойное равномерное вращение –вокруг своего центра  $r$  и вокруг начала координат  $0$ .

Половина вектора **R** ( $0r$ ) играет роль кривошипа, который в реальных устройствах нужен для развития угловой скорости  $\omega$  и сообщения момента силы для компенсации диссипативных потерь.

В соответствии с выражениями (4) – (6) в монореактивном гармоническом осцилляторе с тремя грузами могут возникать свободные синусоидальные колебания любой заданной частоты, которая определяется исключительно начальными условиями.

\*\*\*

1. Popov I.P. Application of the Symbolic (Complex) Method to Study Near-Resonance Phenomena // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2020. Vol. 49. No. 12. Pp. 1053–1063. DOI: 10.3103/S1052618820120122
2. Попов И.П. Реактансы и сассептансы механических систем // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2021. № 70. С. 64–75. DOI 10.17223/19988621/70/6
3. Попов И.П. Символическое представление вынужденных колебаний разветвленных механических систем // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2021. № 72. С. 118–130. DOI 10.17223/19988621/72/10
4. Попов И.П. Механический осциллятор без накопителя потенциальной энергии // Транспортное машиностроение. 2022. № 12 (12). С. 13–17. DOI: 10.30987/2782-5957-2022-12-13-17
5. Попов И.П. Свободные гармонические колебания без использования потенциальной энергии // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. 2022. № 4(156). С. 9–12. DOI: 10.52190/1729-6552\_2022\_4\_9
6. Попов И.П. Монореактивный гармонический осциллятор // Труды МАИ. 2022. № 126. DOI: 10.34759/trd-2022-126-01
7. Попов И.П. Двухмассовый осциллятор // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2022. № 12. С. 558–560. DOI: 10.36652/0202-3350-2022-23-12-558-560
8. Попов И.П. Антирезонанс — резонанс скоростей // Мехатроника, автоматизация, управление. 2019. Т 20. № 6. С. 362–366. <https://doi.org/10.17587/mau.20.362-366>
9. Попов И.П. Источники гармонических силы и скорости в мехатронных автоматических системах. Мехатроника, автоматизация, управление. 2021. Т. 22. № 4. С. 208–216. <https://doi.org/10.17587/mau.22.208-216>
10. Попов И.П. Применение символического (комплексного) метода для расчета сложных механических систем при гармонических воздействиях // Прикладная физика и математика. 2019. № 4. С. 14–24. DOI: 10.25791/pfim.04.2019.828

## РАЗДЕЛ IV. МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Чучалина П.И.<sup>1</sup>, Капралов А.И.<sup>1,2</sup>, Зерчанинова Е.И.<sup>1</sup>

Изучение показателей общего анализа крови у пациентов, находящихся на стационарном лечении в инфекционном госпитале с диагнозом новая коронавирусная инфекция

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Уральский государственный медицинский университет Минздрава России

<sup>2</sup>ООО «Медицинские технологии»

(Россия, Екатеринбург)

doi: 10.18411/iip-04-2023-05

### Аннотация

Пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19, вызванной вирусом SARS-CoV-2, в 2020 году стала одной из главных проблем не только для здравоохранения, но и для человечества в целом. [1] Возможные осложнения этой инфекции, такие как, острый респираторный дистресс-синдром, сепсис, венозные тромбозы неблагоприятно влияют на течение болезни и могут приводить к летальному исходу.

**Ключевые слова:** COVID-19, общий анализ крови, тромбоцитопения, лимфопения, лейкопения.

### Abstract

The pandemic of the new coronavirus infection COVID-19, caused by the SARS-CoV-2 virus in 2020 has become one of the main problems not only for health care, but also for humanity as a whole. [1] Possible complications of this infection, such as acute respiratory distress syndrome, sepsis, venous thromboembolism adversely affect the course of the disease and can lead to death.

**Keywords:** COVID-19, general blood test, thrombocytopenia, lymphopenia, leukopenia.

### Цель исследования:

Изучить изменения показателей общего анализа крови у пациентов на момент поступления и выписки из инфекционного госпиталя по поводу новой коронавирусной инфекции COVID-19.

### Патогенез новой коронавирусной инфекции COVID-19

Вирус SARS-CoV-2 проникает в организм через эпителий верхних дыхательных путей, желудка и кишечника, взаимодействуя с Toll-like receptor (далее TLR). После распознавания инфекционного агента, внутриклеточный домен TLR инициирует трансляцию сигнала и экспрессию цитокинов. Один из вариантов молекулярной передачи сигналов от активированных TLR – MyD88-зависимый – приводит к активации NF-κB, который в свою очередь вызывает экспрессию соответствующих генов. Привлеченные к месту внедрения инфекции макрофаги и лейкоциты, осуществляют фагоцитоз и экскрецию собственных провоспалительных медиаторов. Гиперпродукция хемокина CXCL8 обуславливает привлечение большого числа нейтрофилов в пораженные ткани. В свою очередь нейтрофилы, выделяя нейтрофильные хемоаттрактанты и другие провоспалительные цитокины и хемокины рекрутируют к месту внедрения инфекции моноциты. Нейтрофилы особенны быстрым темпом фагоцитоза и интенсивной генерацией активных форм кислорода, а их высвобождающиеся во внеклеточное пространство гранулы, содержащие ферменты, могут вызывать деструкцию тканей.

Проникновение вируса SARS-CoV-2 в клетку обусловлено рецептор-опосредованным эндоцитозом с помощью рецепторов к ангиотензин-превращающему ферменту 2 (АПФ2 или ACE2). Высокая экспрессия ACE2 обнаружена на альвеолоцитах 2 типа, вырабатывающих сурфактант, на эпителиальных и эндотелиальных клетках сердца, мочевого пузыря, почках,

подвздошной кишки, что объясняет возможные осложнения инфекции. Также за счет ACE2 возможно проникновение вируса в иммунные клетки. Дальнейшая репликация вирусной РНК в ядре клетки обеспечивает биосинтез новых вирусных частиц с последующим запуском пироптоза – каспаза-1-зависимой воспалительной формы программируемой клеточной гибели. Вирусное поражение клеток вызывает высвобождение фактора Виллебранда и ингибитора активатора плазминогена 1-го типа.

**Материалы и методы:**

В наблюдательном, выборочном, описательном, ретроспективном, одномоментном исследовании были изучены показатели общего анализа крови (RBC, WBC, PLT, HGB, лейкоцитарная формула) у 172 пациентов с подтвержденным диагнозом COVID-19, вне зависимости от пола и возраста.

Критерии включения – возраст старше 18 лет и меньше 70 лет; поражение легочной ткани до КТ 2-3 (75%).

Критерии исключения – возраст младше 18 лет и старше 70 лет; поражение легочной ткани до 25% (КТ 1-2) и свыше 75% (КТ 3-4); сахарный диабет 2 типа с инсулинопотребностью и без инсулинопотребности; злокачественные новообразования терминальной стадии; ВИЧ IV стадии по Покровскому.

Для описания данных использовались медиана, доверительный интервал, стандартное отклонение.

**Результаты:**

Выборка включала 172 пациента, из них 77 мужчин (45%) и 95 женщин (55%). Медиана возраста мужчин – 57 (28÷70) лет, женщин – 60 (18÷70) лет.

При анализе полученных данных в исследуемой выборке среднее значение лейкоцитов на момент поступления составило  $8,21 \pm 1,31 \cdot 10^9/\text{л}$  (ДИ – 6,89; 9,52) при  $p < 0,05$ , эритроцитов  $4,52 \pm 0,09 \cdot 10^{12}/\text{л}$  (ДИ – 4,61; 4,43) при  $p < 0,05$ , гемоглобина  $132,84 \pm 3,06$  г/л (ДИ – 129,78; 135,9) при  $p < 0,05$ , тромбоцитов  $216,8 \pm 12,47 \cdot 10^9/\text{л}$  (ДИ – 204,33; 229,27) при  $p < 0,05$ , моноцитов  $8,63 \pm 0,78$  % (ДИ – 7,86; 9,41) при  $p < 0,05$ , лимфоцитов  $25,78 \pm 1,84$  % (ДИ – 23,94; 27,62), гранулоцитов  $68,03 \pm 6,84$  % (ДИ – 61,19; 74,86) при  $p < 0,05$ .

Средние значения на момент выписки лейкоцитов  $7,74 \pm 0,45 \cdot 10^9/\text{л}$  (ДИ – 7,29; 8,19) при  $p < 0,05$ , эритроцитов  $4,43 \pm 0,09 \cdot 10^{12}/\text{л}$  (ДИ – 4,34; 4,53) при  $p < 0,05$ , гемоглобина  $129,93 \pm 3,09$  г/л (ДИ – 126,84; 133,02) при  $p < 0,05$ , тромбоцитов  $275,16 \pm 17,59 \cdot 10^9/\text{л}$  (ДИ – 257,58; 292,75) при  $p < 0,05$ , моноцитов  $9,57 \pm 1,57$  % (ДИ – 8,0; 11,14) при  $p < 0,05$ , лимфоцитов  $30,08 \pm 1,69$  % (ДИ – 28,39; 31,77) при  $p < 0,05$ , гранулоцитов  $61,93 \pm 1,94$  % (ДИ – 59,99; 63,87) при  $p < 0,05$ .

Достоверных различий между показателями на момент поступления и выписки из стационара не получено,  $p > 0,05$ .

Корреляция возраста мужчин с лейкоцитами составила 0,19, с тромбоцитами – 0,09, с лимфоцитами – -0,13. Корреляция возраста женщин с лейкоцитами составила -0,09, с тромбоцитами – -0,02, с лимфоцитами – 0,1.

**Выводы:**

1. Одним из проявлений новой коронавирусной инфекции является тромбоцитопения. При исследовании показателей общего анализа крови 172 пациентов тромбоцитопения выявлена у 33%. В связи с изменением количества и качества тромбоцитов нарушается их основная функция – поддержание нормального гемостаза. При изучении литературы было отмечено, что снижение уровня тромбоцитов в большинстве случаев указывает на тяжелое течение заболевания. Существуют предположения о нескольких возможных механизмах развития тромбоцитопении при новой коронавирусной инфекции COVID-19. Они включают в себя системное воспаление или цитокиновый шторм (включая тромбопоэтин и IL-3, -6, -9 и -11), повреждение гемопоэтических стволовых клеток и мегакариоцитов через CD13 / CD66a и ангиотензинпревращающий фермент 2. Также к тромбоцитопении может приводить индуцированная COVID-19 выработка антитромбоцитарных антител.

2. В борьбе с инфекционными агентами основная роль отводится лейкоцитам, а именно лимфоцитам. Вместе с уменьшением их количества растет вероятность развития осложнений инфекции в связи со снижением защитных функций организма. В исследовании лимфопения выявлена у 25% больных, лейкопения у 13% больных. В изученной литературе отмечалось, что у пациентов с тяжелым течением COVID-19 наблюдается более низкий уровень лимфоцитов крови и большее соотношение нейтрофилов / лимфоцитов. Существует несколько предполагаемых механизмов развития лимфопении, вызванной новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Одним из них является прямое воздействие вирусных частиц SARS-CoV-2 на ткани вторичных лимфоидных органов и внелегочная диссеминация. Предположительно, инфицирование лимфоцитов может происходить как по ACE2-зависимому пути, так и по ACE2-независимому пути, используя CD147. Таким образом, лимфопения частично может быть вызвана апоптозом лимфоцитов. Также из возможных механизмов развития лимфопении рассматривают антителозависимое уничтожение инфицированных SARS-CoV-2 лимфоцитов, аутоантителозависимое уничтожение лимфоцитов, гибель лимфоцитов, опосредованная аутофагией и апоптоз лимфоцитов, вызванный цитокиновым штормом.
3. Таким образом, изменения в показателях общего анализа крови тесно взаимосвязаны с тяжестью течения заболевания. В исследовании особое внимание обращено на количественный состав тромбоцитов, лейкоцитов и лимфоцитов. При изучении литературы были отмечено, что у пациентов с тяжелой формой заболевания, наиболее часто наблюдаются лимфопения, лейкопения и тромбоцитопения.
4. Корреляционная связь возраста мужчин с лейкоцитами и тромбоцитами – слабая, прямая; с лимфоцитами – слабая обратная. Корреляционная связь возраста женщин с лейкоцитами и тромбоцитами – слабая, обратная; с лимфоцитами – слабая, прямая.

\*\*\*

1. Вступительное слово Генерального директора ВОЗ на брифинге по COVID-19 для постоянных представительств - 11 марта 2020 г. // Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. (дата обращения: 01.03.2023). – Текст : электронный.
2. Абдуллаев, Р. Ю. Изменения маркеров гематологического, биохимического и коагулологического анализов крови при новой коронавирусной инфекции COVID-19 / Р. Ю. Абдуллаев, О. Г. Комиссарова // *Consilium Medicum*. – 2020. – Т. 22, № 11. – С. 51-55.
3. Изменения показателей общего анализа крови и коагулограммы при легком течении коронавирусной инфекции / Н. Ю. Тимофеева, О. Ю. Кострова, И. С. Стоменская, Н. В. Бубнова // *Acta Medica Eurasica*. – 2021. - № 2. – С. 44-49.
4. Хамитов, Р. Ф. Тромбоцитопении и другие проявления коагулопатии: возможности диагностики и лечения при новой коронавирусной инфекции COVID-19 / Р. Ф. Хамитов, А. Ф. Молодцова, Л. М. Салимова // *Вестник современной клинической медицины*. – 2021. - № 3. – С. 76-83.
5. Клинические аспекты новой коронавирусной инфекции / Л.Ю. Елисеева, Н.Ю. Боровкова, П.С. Зубеев, Г.Н. Зубеева // *Internal Medicine*. – 2022. - № 2. – С. 40-45.







LJournal

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ИССЛЕДОВАНИЯ. ИННОВАЦИИ. ПРАКТИКА**  
**№1(6), Апрель 2023**

ISSN 2949-3706



9 772949 370001 >

Подписано в печать 24.04.2023. Тираж 400 экз.  
Формат.60x84/16. Объем уч.-изд. л.1,84  
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»  
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович