

**Международная Научно-Исследовательская Федерация  
«Общественная наука»**

# **Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук**

**Сборник научных трудов**

**по материалам  
международной научной конференции**

**12 ноября 2016 г.**

**LJOURNAL.RU**

**Москва 2016**

УДК 001.1  
ББК 60

Т34

**Научный диалог: Вопросы точных и технических наук.** Сборник научных трудов, по материалам международной научно-практической конференции 12 ноября 2016 г. Изд. ЦНК МНИФ «Общественная наука», 2016. – 16с.

**SPLN 001-000001-0069-LN**  
**DOI 10.18411/spc-12-11-2016**  
**IDSP 000001: spc-12-11-2016**

В сборнике научных трудов собраны материалы из различных областей научных знаний. В данном издании приведены все материалы, которые были присланы на международную научно-практическую конференцию **Научный диалог: Вопросы точных и технических наук**

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов.

Все материалы, размещенные в сборнике, опубликованы в авторском варианте. Редакция не вносила коррективы в научные статьи. Ответственность за информацию, размещенную в материалах на всеобщее обозрение, несут их авторы.

Информация об опубликованных статьях будет передана в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и наукометрическую базу SPINDEX

Электронная версия сборника доступна на сайте ЦНК МНИФ «Общественная наука». Сайт центра: [conf.sciencepublic.ru](http://conf.sciencepublic.ru)

УДК 001.1  
ББК 60

**SPLN 001-000001-0069-LN**

**<http://conf.sciencepublic.ru>**

Содержание

**РАЗДЕЛ I. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....4**

**Дружкова И.В., Игрунова С.В.** Сравнительный анализ симметричных и ассиметричных криптографических систем.....4

**Свиридова И.В., Внукова З.А., Ерошенко Я.Б., Игрунова С.В.** Интеллектуализация системы транспортной логистики.....6

**РАЗДЕЛ II. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ.....9**

**Raskin A.V.** Parametric and nonparametric methods for evaluating the reliability of technological systems .....9

**Пономарев Д.Е., Пушкарёв А.В.** Анализ литературных данных о теплофизических свойствах биологических тканей.....11

**Эдигаров В.Р., Алимбаева Б.Ш., Перков П.С.** Исследование процессов теплообразования при электромеханической обработке .....13

## РАЗДЕЛ I. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дружкова И.В., Игрунова С.В.

### Сравнительный анализ симметричных и ассиметричных криптографических систем

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет  
(Россия, Белгород)*

*doi:10.18411/spc-12-11-2016-01*

*idsp: 000001:spc-12-11-2016-01*

Широкое применение компьютерных технологий в автоматизированных системах обработки информации и управления привело к обострению проблемы защиты информации от несанкционированного доступа. Защита информации в компьютерных системах обладает рядом специфических особенностей, связанных с тем, что информация не является жёстко связанной с носителем, может легко и быстро копироваться и передаваться по каналам связи. Информации угрожает множество самых разнообразных опасностей, начиная от сугубо технических неполадок и заканчивая действиями злоумышленников. Защита от каждого типа опасности предполагает собственные решения.

Защитой информации занимается такая наука как криптография, которая обеспечивает следующие состояния данных: конфиденциальность, целостность, аутентификация, невозможность отказа от авторства.

В современной криптографии выделяют два вида криптосистем:

1. Криптосистема с закрытым ключом (симметричная).
2. Криптосистема с открытым ключом (ассиметричная).

В данной работе предлагается сравнительный анализ двух типов криптосистем. Для сравнения были выбраны симметричный метод ГОСТ 28147-89 и ассиметричный метод RSA.

ГОСТ 28147-89 - блочный шифр с 256-битным ключом и 32 циклами преобразования, оперирующий 64-битными блоками. Основа алгоритма шифра - сеть Фейстеля. В ГОСТе используется 256-битовый ключ и объем ключевого пространства составляет 2256. Ни на одном из существующих в настоящее время или предполагаемых к реализации в недалеком будущем электронном устройстве нельзя подобрать ключ за время, меньшее многих сотен лет. Эта величина стала фактическим стандартом размера ключа для симметричных криптоалгоритмов в наши дни, – так, новый стандарт шифрования США также его поддерживает.

Недостатками ГОСТ считаются следующие:

1. Может применяться только для шифрования открытых текстов с длиной, кратной 64 бит.
2. При шифровании одинаковых блоков открытого текста получаются одинаковые блоки шифротекста, что может дать определенную информацию криптоаналитику.

RSA - криптографический алгоритм с открытым ключом, основывающийся на вычислительной сложности задачи факторизации больших целых чисел.

Под односторонностью понимается не теоретическая однонаправленность, а практическая невозможность вычислить обратное значение, используя современные вычислительные средства, за обозримый интервал времени.

*Таблица 1*

*Характеристики редуцированных вариантов ГОСТа*

Число раундов	Размер ключа, бит	Индекс быстродействия	Вероятные характеристики шифра
---------------	-------------------	-----------------------	--------------------------------

24	192	1,33	Устойчив к большинству известных видов криптографических атак, или находиться на грани устойчивости. Практическая реализация атак невозможна из-за высоких требований к исходным данным и трудоемкости.
16	128	2	Теоретически неустойчив к некоторым видам криптоанализа, однако их практическая реализация в большинстве случаев затруднена из-за высоких требований к исходным данным и трудоемкости.
12	95	2,67	Неустойчив к некоторым известным видам криптоанализа, однако годится для обеспечения секретности небольших объемов данных на короткий срок.
8	64	4	Неустойчив к некоторым известным видам криптоанализа, однако годится для обеспечения секретности небольших объемов данных на короткий срок.

В основу криптографической системы с открытым ключом RSA положена сложность задачи факторизации произведения двух больших простых чисел. Для шифрования используется операция возведения в степень по модулю большого числа. Для дешифрования за разумное время необходимо уметь вычислять функцию Эйлера от данного большого числа, для чего необходимо знать разложение числа на простые множители.

Из недостатков RSA можно выделить следующие:

1. Небольшая скорость шифрования.
2. Стойкость протоколов подписи RSA основана на сложности факторизации большого натурального числа N.
3. Сложность реализации.
4. Требуется больших вычислительных затрат.

Так же одним из недостатков RSA является большая длина ключа шифрования в сравнении с симметричными криптосистемами (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение длин ключей ГОСТ и RSA

Длина ключа ГОСТ 28147-89, бит	Длина ключа RSA, бит
56	384
64	512
80	768
112	1792
128	2304

Для сравнения данных алгоритмов по быстродействию они были реализованы на программном языке C++ и было промоделировано шифрование информации с одним и тем же исходным текстом, а также с сопоставимой длиной ключа для ГОСТ 64 бит и для RSA 512 бит. Полученные результаты указаны в таблице 3.

Таблица 3

Сравнение быстродействия ГОСТ и RSA

Размер исходного текста, количество бит	Время выполнения алгоритма ГОСТ, сек	Время выполнения алгоритма RSA, сек
512	0,0034	0,3600
1024	0,0051	0,8700
2048	0,0148	1,5100

Симметричные криптосистемы обладают рядом преимуществ: высокая скорость шифрования и дешифрования, простота реализации операции за счет простых преобразований, меньшая требуемая длина ключа для сопоставимой стойкости, в отличие от ассиметричных криптосистем, а также изученность данных методов. К основным недостаткам симметричных криптосистем относят проблему распространения симметричных ключей и проблему их хранения.

При использовании симметричных криптосистем для шифрования информации между пользователями криптографической сети необходимо обеспечить безопасную передачу ключей шифрования между всеми доверенными пользователями.

Наиболее существенное преимущество открытого ключа в криптографии перед закрытым состоит в том, что применяемые в паре с открытыми личные ключи никогда

не высылаются. Благодаря этому указанный тип криптографии обеспечивает более высокий уровень секретности и удобства.

Что касается недостатков системы с открытым ключом, то они сводятся в основном к тому, что созданные с ее применением алгоритмы значительно уступают в скорости технологиям на основе закрытого ключа. Последние быстрее как минимум в несколько раз, значит, кодирование с открытым ключом не подходит для больших файлов. Если наряду с безопасностью требуется скорость, следует подумать о комбинации обоих методов.

При такой комбинации сообщение шифруется закрытым ключом (потому что на шифрование открытым ключом уходит слишком много времени) и закрытый ключ присоединяется к сообщению, но шифруется открытым ключом. Такой способ одновременно ускоряет процесс и повышает безопасность.

#### Список используемых источников информации

1. Ветров, Ю.В. Криптографические методы защиты информации в телекоммуникационных системах: учеб. пособие / Ю.В. Ветров, С.Б. Макаров. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. — 174 с.
2. Гатченко, Н.А., Исаев, А.С., Яковлев, А.Д. «Криптографическая защита информации» – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 142 с.

### **Свиридова И.В., Внукова З.А., Ерошенко Я.Б., Игрунова С.В. Интеллектуализация системы транспортной логистики**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет  
(Россия, Белгород)*

*doi:10.18411/spc-12-11-2016-02*

*ids: 000001:spc-12-11-2016-02*

#### **Аннотация**

Одной из наиболее динамично развивающихся областей в части использования информационных технологий является логистика. В статье рассмотрены аспекты необходимости использования автоматизированных систем в области транспортной логистики для постановки и решения задач управления мультимодальными перевозками грузов.

**Ключевые слова:** автоматизация; система управления; логистика; транспорт; процесс транспортировки; мультимодальные перевозки.

В настоящее время тенденции перехода от промышленного общества к информационному затронули и транспортную отрасль, так как деятельность практически каждой организации тесно связана с потоками различных грузов. Эффективное размещение груза на складах и перевозка позволяют не только максимально быстро ориентироваться в огромном потоке информации, но и осуществлять поиск для выборки необходимых данных за малые промежутки времени.

Деятельность логиста заключается в том, чтобы наиболее эффективно распределить груз по машинам, правильно выбрать используемую машину, и оптимальный путь перевозки. Чтобы на должном уровне решать профессиональные задачи, логисту необходимы инструментарий и методология применения информационного обеспечения, в связи с чем резко возрастает роль персонального компьютера как инструмента, обеспечивающего эффективность работы с данными, и современных технологий реализации профессиональных задач.

Многие предприятия при построении маршрутов перевозок все чаще сталкиваются со следующими проблемами: необоснованно длинные пути перевозки груза; излишние перевозки (однородная продукция имеется в достаточном количестве в данном месте); большое число повторных перевозок — груз следует не прямо к потребителю, а поступает в большое число промежуточных звеньев логистической цепи (на базу, склад и т. д.).

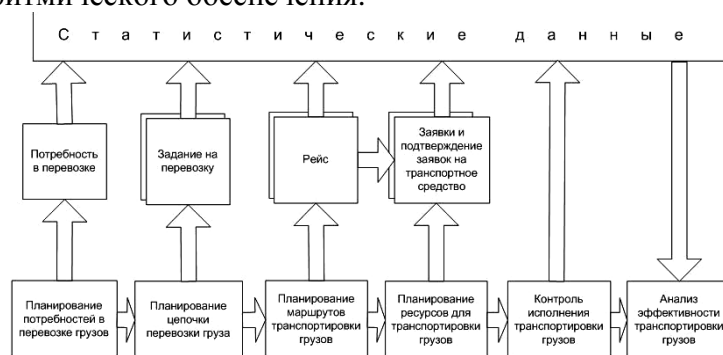
Нерациональные перевозки приводят к повышению логистических и в первую очередь транспортных издержек, к дополнительному перегрузу транспортных путей.

Этим и обусловлена актуальность выбранной тематики исследования.

В основе автоматизированных систем транспортной логистики должны учитываться следующие факторы:

- безопасность процесса доставки грузов;
- сохранность грузов в течение всего маршрута;
- безопасность транспортных средств, осуществляющих процесс доставки грузов;
- время доставки грузов;
- выбор требуемой тары для грузов;
- выбор оптимальных транспортных маршрутов следования;
- выбор оптимальных транспортных средств доставки грузов на основе выбранных маршрутов;
- информационная безопасность и сохранность информации о грузах и маршрутах следования;
- отслеживание транспортного средства и грузов в течение всего маршрута следования.

Построению каждой системы предшествуют два этапа: построение математических моделей процессов, происходящих в области автоматизации, и построение алгоритмического обеспечения.



*Функциональные возможности системы управления транспортом*

Такая система должна отвечать следующим свойствам:

1. гибкость – способность к адаптации и развитию в дальнейшем системы;
2. надежность – функционирование системы без потерь данных и искажения информации;
3. эффективность – способность системы решать задачи в минимальные сроки;
4. безопасность – свойство системы, которое ограничивает доступ посторонних лиц к информационным ресурсам предприятия;
5. простота – свойство, позволяющее даже не очень опытному пользователю эффективно работать с системой.

Данные о диспозиции всех транспортных средств необходимо расположить в центре диспетчерского управления системой. Сюда же будут поступать все транспортные заказы для анализа и обработки. Информационный модуль позиционирования в такой системе будет сообщать о местонахождении транспортных средств в любой момент времени, а водитель погрузчика или иного транспортного средства с помощью мобильного бортового терминала сможет передавать в центр управления информацию. В качестве средства обмена информацией можно использовать беспроводную локальную сеть WLAN или систему радиосвязи GPRS. Сети WLAN практически не требуют затрат на инфраструктуру.

Чаще всего схема компьютерной системы управления (КСУ) транспортными средствами и прохождения информации в ней включает в себя глобальную систему определения местоположения транспортных средств на основе спутниковой связи GPS, внутреннюю систему определения местоположения транспортных средств IPS (использование транспондеров в качестве носителей информации при радиочастотной технологии идентификации), мобильные средства (терминалы), среду обмена информацией, локальную беспроводную сеть WLAN, сети Интернет и Интранет, транспортные заказы, центр и объекты управления. Информация из сканирующих

устройств может вводиться в систему управления транспортными средствами. Это упрощает документирование всех перемещений грузов. В КСУ крайне важно документирование всех перемещений погрузчиков. Для этого используются в системе установленные на транспортных средствах сенсоры определения ускорений и скоростей движения. Модульное построение системы управления транспортом позволяет легко встраивать ее в другие логистические системы. Наличие на складе или в логистическом центре парка разнообразных транспортных средств требует использования дополнительных интерфейсов, но не является препятствием для внедрения системы.

Транспортная логистика играет немаловажную роль в деятельности любой компании, независимо от ее стратегической цели. Очевидно, что автоматизация экономит время и освобождает бизнес от трудностей ручного управления. С помощью автоматизации легче осуществлять планирование, контроль и анализ деятельности, а также координировать и регулировать работу отделов, чтобы добиться максимальной эффективности. Благодаря автоматизации можно оперативно узнать о том, на какой стадии находится тот или иной проект и многое другое. Поэтому необходимо оптимизировать работу так, чтобы при имеющихся ограниченных ресурсах обеспечить наиболее оптимальный результат своей деятельности, придерживаясь принципа рациональности. Практика показывает, что инвестиции на создание и внедрение КСУ транспортными средствами окупаются достаточно быстро за счет оптимизации и повышения эффективности использования транспортных средств. Однако не следует стремиться к максимальной степени автоматизации и централизации управления в тех случаях, когда это может привести к бесполезно большому количеству оборудования и жесткости системы.

#### Список используемых источников информации

1. Программное обеспечение для АСУ складов и логистических центров // F+H: Fordern und Heben, Lager Marktbild., 2008. С. 77-81.
  2. Гончаров П.П. Основы логистики: учеб. пособие. Оренбург, 2008. 496 с.
  3. Кузьбожев Э.Н., Тиньков С.А. Логистика: Учебное пособие. — М.: КНОРУС, 2004. 224 с.
  4. Логистика и управление цепями поставок : учебник для академического бакалавриата / под ред. В. В. Щербакова. — М.: Юрайт, 2015. 582 с.
  5. Соколов С. С. Математическое и алгоритмическое обеспечение оперативного управления транспортно-логистическими комплексами: дис. канд. техн. наук / С. С. Соколов. — СПб.: СПГУВК, 2011.
-



## РАЗДЕЛ II. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Raskin A.V.**

### **Parametric and nonparametric methods for evaluating the reliability of technological systems**

*Reshetnev Siberian State Aerospace University  
(Russia, Krasnoyarsk)*

*doi:10.18411/spc-12-11-2016-03*

*idsp: 000001:spc-12-11-2016-03*

The problem of modeling the reliability functions depending on random factors is one of the central problems of the theory of reliability. At the present moment the parametric theory of modeling is widely spread. The problem of parametrical identification is investigated by different authors [1] in particular Cypkin Ja in his theory of adaptive systems [2]. In these works, the stage of posing the identification task of parametric structure of the dynamic process model, selected by means of different methods is defined model structure up to the parametric value. However, the issue of identification and control should be analyzed from the point of non-parametric theory. The problems of identification and control under condition of incomplete information is very topical, because many of the dynamic processes are not deeply studied. The factor of unknown distribution random noises causes the complexity of solving the identification and control tasks. In the case of insufficiency a priori information for selecting the structure of a parametric model of the dynamic process the theory of nonparametric systems is applied [3]. In comparison with the parametric theory, the nonparametric theory is applied for identification tasks if only the qualitative characteristics of the system are known. The purpose of the given work consists in researching the algorithms of identification the reliability functions by both case: nonparametric and parametric classes of the model.

Let the time of onset of "failure" of system events is equal  $\tau > 0$ . The sample is a failure waiting times  $\tau_1, \dots, \tau_n$  for each of the objects. The value  $\tau_1, \dots, \tau_n$  depends on several factors (covariates). It should be based on the sample to construct the model based attack system event "failure" of the covariates. Some objects may not be observed during the total time to failure. If the onset of systemic events is less than the time of the observation sample is called a censored [4]. Reliability function is given by:

$$S_x(t) = P(T_x \geq t) = 1 - F_x(t), \quad (1)$$

where  $F_x(t)$  the values of the distribution function  $t$ . The cumulative hazard function is given by:

$$A_x(t) = \int_0^t \lambda_x(u) du = -\ln(S_x(t)), \quad (2)$$

where  $\lambda_x(t) = f_x(t)/S_x(t)$  – intensity function,  $f_x(t)$  – the density distribution of lifetimes.

Many parametric models used for calculating the reliability function. Here are some of them.

**The lognormal distribution.** Non-negative random values of some parameters are distributed log-normal if its logarithm is normally distributed. Failure probability is given by

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(Int - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

where  $T$  - mean time to failure;  $\sigma$  - the standard deviation.

**Gamma distribution.** If a device failure occurs, when there will be not less than  $k$  failures of its elements, and the failures of the elements are subject to an exponential law with the parameters  $\lambda_0$ , the probability density of device failure is:

$$f(t) = \frac{\lambda_0^k t^{k-1}}{(k-1)!} \exp(-\lambda_0 t) \quad (4)$$

where  $\lambda_0$  - the initial intensity of the device component failure, which is caused by the refusal of elements.

**Weibull distribution.** The density of the probability of failure of this distribution:

$$f(t) = l_0 t^{a-1} \exp(-l_0 t^a) \quad (5)$$

The probability of failure for lack of time  $t$

$$F(t) = \exp(-l_0 t^a) \quad (6)$$

The (5) - (6) and  $l_0$  - the parameters of the law of distribution. The parameter  $l_0$  specifies the scale when it changes the distribution curve is compressed or stretched. When  $a = 1$ , the Weibull distribution function is an exponential distribution; for  $a < 1$  the failure rate is a monotonically decreasing function; for  $a > 1$  - monotonically increasing [5].

**The Kaplan-Meier method.** In the context of nonparametric uncertainty description of the object with an accuracy of parameters is unknown. In this case, non-parametric methods [2] are used to restore the function reliability. One of these is the estimation of the Kaplan-Meier method [6]:

$$\hat{F}_n(t) = \begin{cases} 0, & x < \tau_i, \\ 1 - \prod_{i:\tau_i \leq x} \left(1 - \frac{d_i}{r_i}\right), & x \geq \tau_i, \end{cases} \quad (7)$$

where  $d_i$  - the number of failures,  $r_i$  - number of objects that were serviceable by the end of observation.

Thus, the selection of appropriate evaluation function reliability of the object depends on the level of a priori information possessed by the researcher in formulating the problem.

#### Список используемых источников информации

1. Jejkhoff P. Osnovy identifikacii sistem upravlenija [Identity-based control systems]. Moscow, Mir Publ, 1975. 683p.
2. Суркин Я.З. Adaptacija i obuchenie v avtomaticheskix sistemah [Adaptation and learning in automatic systems]. Moscow, Nauka Publ., 1968. 400p.
3. Medvedev A.V. [The theory of nonparametric systems. Simulation]. Vestnik SibGAU. 2010. no. 4 (30). p. 4–9. (In Russ.).
4. Chimitova E. V. Construction of probabilistic survival models from left truncated and right censored data / E. V. Chimitova, I. M. Mitrofanov // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics. - 2016. - № 1. - С. 50-61.
5. Akimov V.A., Lapin V.L., Popov V.M., Puchkov V.A., Tomakov V.I., Faleev M.I. Reliability of technical systems and technological risks (Nadezhnost' tehniceskix sistem i tehnogennyj risk). – M.: ZAO FID «Delovoj jekspress», 2002. – 368 p.

**Пономарев Д.Е., Пушкарёв А.В.**  
**Анализ литературных данных о теплофизических**  
**свойствах биологических тканей**

*Московский государственный технический университет им. Н. Э.Баумана*  
*(Россия, Москва)*

*doi:10.18411/spc-12-11-2016-04*

*idsp: 000001:spc-12-11-2016-04*

Криомедицина включает в себя раздел, посвященный деструкции патологически измененных участков тканей с использованием низких температур. Для описания теплообменных процессов, происходящих в биотканях при криовоздействии, используют математическое моделирование [1-4]. В математическую модель в виде коэффициентов входят теплофизические свойства (ТФС) биотканей, такие как теплопроводность, теплоёмкость, плотность. Однако в настоящее время нет структурированной информации по этим свойствам в широком диапазоне температур. Создание базы данных и выявление закономерностей поведения ТФС в зависимости от влагосодержания и температуры позволит прогнозировать свойства неисследованных веществ, а также использовать их при моделировании криовоздействия.

На основе анализа литературных источников по данной тематике [5,6] выявлен недостаток значений ТФС при низких температурах, особенно опухолей, практически отсутствуют данные по теплоёмкости биоматериалов. В рамках работы проведено обобщение имеющихся в литературе данных по теплопроводности. Выделено 5 групп по типу биоткани и/или влагосодержанию: вещества с высоким влагосодержанием >80% (кровь и её отдельные составляющие, серое вещество, стекловидное тело); с низким влагосодержанием <30% (костная, кожная и жировая ткани); мышечная ткань; внутренние органы; патологически изменённые ткани [7]. Больше всего значений было для мышечной ткани, особенно животных, следовательно, эти значения выделены в отдельную группу. Такая ситуация обусловлена тем, что ранние исследования ТФС биотканей проводились преимущественно для нужд холодильной промышленности.

Следует отметить, что при рассмотрении ТФС в широком диапазоне температур, особенно ниже 0°C, необходимо учитывать их зависимость от температуры. Однако в большинстве исследований используются постоянные значения ТФС, что может привести к погрешности при расчёте тепловых полей. С другой стороны, использование значений теплопроводности льда для расчёта тепловых полей также приводит к погрешностям.

Найденные данные теплопроводности были представлены в координатных осях в зависимости от температуры для каждой из групп. На примере свойств мышечных тканей (рис. 1), можно увидеть, что температурный диапазон условно делится на 3 интервала: интервал положительных температур до криоскопической, интервал фазового перехода, и интервал отрицательных температур после фазового перехода. Для каждой группы биотканей эти интервалы имеют свои границы.

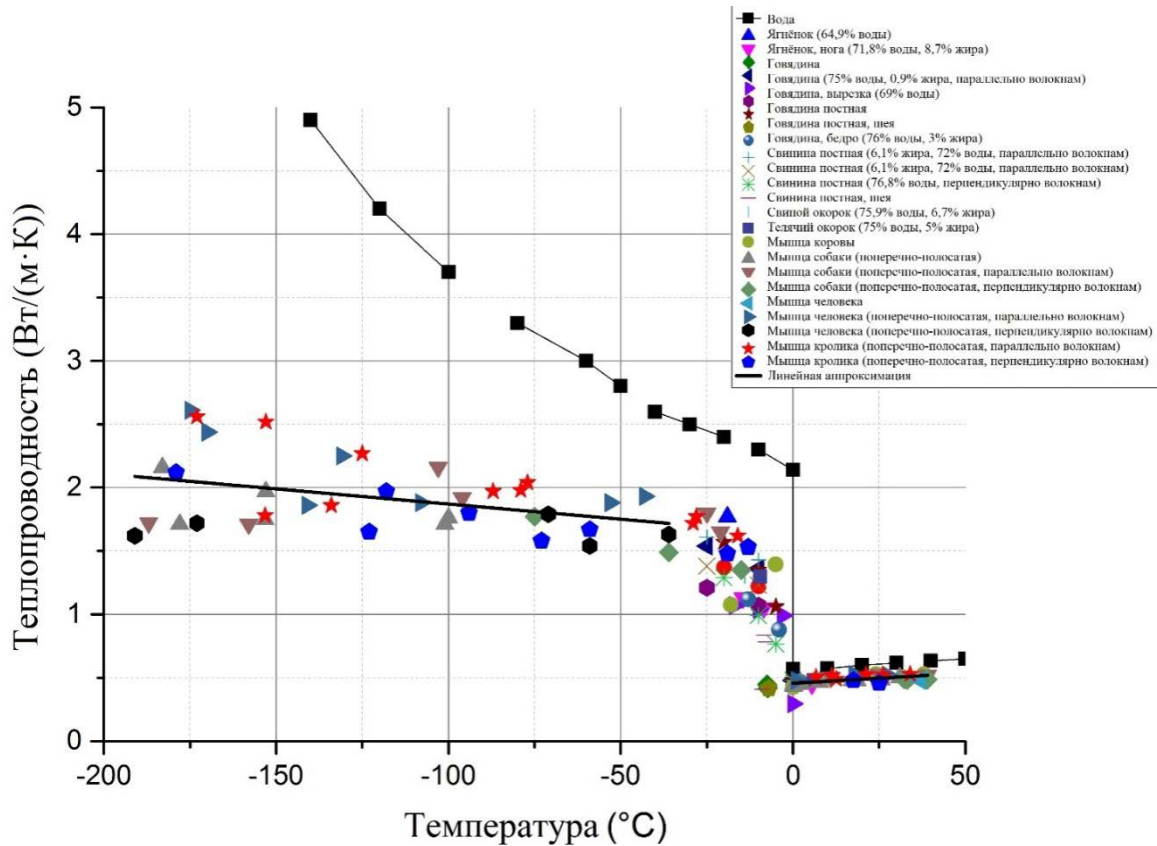


Рисунок 1. Значения теплопроводности для мышечных тканей

В результате анализа литературных источников выявлено, что значения теплопроводности различных групп биотканей можно аппроксимировать полиномами на интервалах положительных и отрицательных температур без учёта фазового перехода, что позволяет оценочно определять ТФС неисследованных тканей. Значений теплоёмкости недостаточно для аппроксимации полиномами. Поэтому в дальнейшем планируется использовать метод дифференциально-сканирующей калориметрии для измерения теплоёмкости различных биотканей в широком диапазоне температур.

Исследование выполняется при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00018 мол\_а.

#### Список используемых источников информации

1. Васильев А.О., Говоров А.В., Пушкарев А.В., Цыганов Д.И., Шакуров А.В. Теплофизическое моделирование криохирургической операции на примере рака предстательной железы // ТЕХНОЛОГИИ ЖИВЫХ СИСТЕМ, Том 11, Номер: 4, 2014 - С. 47-53.
2. Пушкарев А.В., Морозова Н.В., Цыганов Д.И. Применение инвазивных термосенсоров для проверки теплофизического расчета // VII международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития» Москва, Мэрия Москвы, 17- 20 марта 2015 года, М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, С. 188-189.
3. Пушкарев А.В., Цыганов Д.И. Конечно-элементная реализация задачи снижения температуры в биоткани в широком диапазоне // Тезисы Шестой Российской национальной конференции по теплообмену. В 3 томах (27-31 октября 2014 г., Москва). Т.3. - С. 285-286
4. Морозова Н.В., Пономарев Д.Е., Пушкарев А.В., Цыганов Д.И. Применение теплофизического моделирования при криохирургии печени // Российский онкологический журнал. Том 19, Номер 4., 2014 - С. 37
5. Цыганов Д.И. Криомедицина: процессы и аппараты. М.: САЙНС-ПРЕСС, 2011. 304 с.
6. Choi J., Bischof J. C., Review of biomaterial thermal property measurements in the cryogenic regime and their use for prediction of equilibrium and non-equilibrium freezing applications in cryobiology // Cryobiology. – 2010. – Vol. 60(1), P. 52-70.
7. Пономарев Д. Е., Пушкарев А. В., Шакуров А. В. Оценка погрешности динамического метода измерения теплофизических свойств биологической ткани // Молодежный научно-технический вестник № 08, август 2014.

Эдигаров В.Р., Алимбаева Б.Ш., Перков П.С.

Исследование процессов теплообразования при электромеханической обработке

ОАБИИ  
(Россия, Омск)

doi:10.18411/spc-12-11-2016-05

idsp: 000001:spc-12-11-2016-05

Большими потенциальными возможностями значительного улучшения параметров качества поверхностных слоев деталей трибоузлов обладает электромеханическая обработка [1,4], основанная на фрикционно-силовом воздействии инструмента на заготовку, сопровождающаяся локальным нагревом металла электрическим током. В результате термомеханических процессов происходит упрочнение поверхностного слоя обрабатываемой заготовки.

Тепловые явления, происходящие при электромеханической обработке, связаны с выделением теплоты вследствие прохождения электрического тока ( $Q_1$ ), трения инструмента об обрабатываемую деталь ( $Q_2$ ) и деформированием металла в поверхностном слое ( $Q_3$ ), а также с теплообменом между инструментом и поверхностным слоем и теплопередачей в окружающую среду и вовнутрь металла.

Общее количество выделенной теплоты будет равно [1]:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (1)$$

В процессе ЭМО происходит интенсивный нагрев детали, инструмента, а также конвективный теплообмен с окружающей средой, при этом тепло поглощаемое каждым из этих объектов будет равно ( $Q_4$ ), ( $Q_5$ ) и ( $Q_6$ ) соответственно.

Учитывая вышеуказанные допущения, уравнение теплового баланса для электромеханической обработки будет иметь вид:

$$Q_1 + Q_2 = Q_4 + Q_5 \quad (2)$$

Мощность источника тепла образованного прохождением электрического тока:

$$q_{эл.м.} = \eta \cdot I \cdot U = \eta \cdot I^2 \cdot R \quad (3)$$

где:  $\eta$  – к.п.д. трансформатора источника тока.

При установившемся процессе, зная сопротивление в зоне обработки и силу тока, мы можем выделяющееся тепло полагать равным [1]:

$$Q_1 = I^2 \cdot R \cdot t, \quad (4)$$

Мощность источника тепла образованного трением инструмента по поверхности обрабатываемой детали [1]:

$$q_{тр.} = P \cdot f \cdot V \quad (5)$$

Количество тепла выделившегося в процессе трения можно полагать равным [1]:

$$Q_2 = f \cdot P_c \cdot V \cdot S_c \quad (6)$$

где:  $P_c$  – контактное давление,  $S_c$  – площадь контакта рабочего инструмента с обрабатываемой поверхностью.

Предполагается, трущиеся между собой тела должны иметь одинаковый нагрев контактирующих поверхностей, однако распределение суммарного теплового потока между рабочим инструментом и обрабатываемой деталью будет зависеть от тепловой активности контактирующих тел, в частности от тепловой активности материалов из которых изготовлены рабочий инструмент и заготовка. Введение критерия подобия

тепловой активности, являющегося безразмерной характеристикой интенсивности теплообмена между рабочим инструментом и обрабатываемой деталью, позволит облегчить проводимые расчеты, а учитывая, что более холодным телом в процессе обработки, поглощающим большее количество образовавшегося тепла, является обрабатываемая деталь, можно синтезировать уравнения характеризующие действие тепловых потоков в рабочем инструменте и обрабатываемой детали.

Уравнения процесса распространения тепла в каждой составляющей технологической системы, при условии равенства температур в местах сопряжения[2]:

в рабочем инструменте:

$$t_1(z, \infty) = \frac{q_1}{2 \cdot F_1 \sqrt{\lambda_1 \cdot \alpha_1 / R_1}} e^{\tau_{01} - \rho_1} [1 - \psi(\tau_{01}, \rho_1)] + t_{эл.м.1} + C_1, \quad (7)$$

где:  $C_1$  – постоянная, выполняющая условие сопряжения между рабочим инструментом и державкой;

в державке:

$$t_2(z, \infty) = \frac{q_2}{2 \cdot F_2 \sqrt{\lambda_2 \cdot \alpha_2 / R_2}} e^{\tau_{02} - \rho_2} [1 - \psi(\tau_{02}, \rho_2)] + t_{эл.м.2} + C_2, \quad (8)$$

где:  $C_1$  – постоянная, выполняющая условие сопряжения между державкой и токоподводящими кабелями;

в токоподводящих кабелях:

$$t_3(z, \infty) = \frac{q_3}{2 \cdot F_3 \sqrt{\lambda_3 \cdot \alpha_3 / R_3}} e^{\tau_{03} - \rho_3} [1 - \psi(\tau_{03}, \rho_3)] + t_{эл.м.3} + C_3, \quad (9)$$

где:  $C_1 = 0$  из условий выполнения граничных условий второго рода.

Оценка адекватности математических зависимостей позволяющих оценить высокотемпературные процессы при ЭМО осуществлялась расчетом значений температур в местах касания рабочего инструмента с державкой и державки с токоподводящими кабелями в процессе электромеханической обработки стали 38ХС инструментом сферической формы из твердосплавного материала Т15К6 на режимах:  $I$  - 580 А;  $P$  = 300 Н;  $V$  = 0,16 м/с;  $S$  = 0,21 мм/об. Расчетные значения температур сравнивались с экспериментальными.

Расчеты, произведенные с помощью предложенного математического аппарата оказались идентичными представленным в работе [2]. Расчетная суммарная температура в точке касания рабочего инструмента с державкой оказалась равной 326 °С, при 331 °С определенных экспериментально.

Температура в точке касания токоподводящих кабелей и державки полученная расчетным методом оказалась равной 227°С. Экспериментальные значения температур в этой точке, в проводимых нами экспериментах оказались в пределах 235°С.

В процессе проведения экспериментальной части исследования наблюдалось большое рассеяние результатов экспериментальных значений температур, это объясняется значительным влиянием на процесс большого количества факторов и нестабильность процесса характерная для данного вида обработки. Так, измерение температуры в точке касания рабочего инструмента с державкой изменялось в процессе замеров от 319 до 331 °С, на температуру влияли:

момент замера температуры (время электромеханической обработки);

геометрические параметры державки и в незначительной мере рабочего инструмента, материалы из которых изготовлены рабочий инструмент и державка;

наличие (отсутствие) систем дополнительного охлаждения рабочего инструмента (державки);

качество поверхностей контакта рабочего инструмента и державки, усилие их взаимного прижатия, площадь их контакта;

Аналогично объясняется рассеяние результатов замера температуры в точке касания токоподводящих кабелей и державки.

Влияние многих из вышеуказанных факторов легко устраняется, а для обеспечения максимального приближения расчетных и экспериментальных данных необходимо обеспечение максимальной стабильности процесса экспериментальной обработки, что достаточно сложно обеспечить, кроме того сложно учесть все факторы влияющие на процесс обработки и в математической модели, учитывая и ряд выдвинутых нами допущений. Решением данной проблемы может быть разработка адаптивной системы управления технологическими факторами комбинированной электромеханической обработки[4].

Анализ зависимостей температур, составляющих температурное поле инструмента, державки и токоподводящих кабелей в предельном их состоянии, при установившихся режимах позволяют сделать вывод о влиянии величины проходящего электрического тока на температурное поле только в токоподводящих кабелях, поэтому размеры и форму инструмента и державки необходимо рассчитывать по теплу от сосредоточенного источника в зоне контакта рабочего инструмента и детали, а размеры и форма токоподводящих кабелей и обмоток силового трансформатора определяются передаваемой мощностью[2].

Теплонапряженность рабочего инструмента, державки и токоподводящих кабелей зависят от множества факторов, указанных выше и в первую очередь от теплофизических свойств материала рабочего инструмента [3], а также от соотношения свойств материалов, из которых изготовлены рабочий инструмент, державка и токоподводящие кабели, что в конечном итоге и определяет необходимую мощность трансформатора установки для электромеханической обработки.

Снизить теплонапряженность рабочего инструмента, уменьшив величину коэффициента сосредоточенности возможно обеспечив качественный и стабильный теплоотвод от рабочего инструмента, однако увеличение теплоотвода может привести к некоторому снижению температуры в высокотемпературной зоне обработки, тем самым изменяются условия упрочнения, в свою очередь, исключить данное влияние возможно путем увеличения, например, силы тока, что приведет к необходимости увеличения размера (сечения) токоподводящих кабелей и т.д. То есть вопрос повышения качества обработки может быть решен комплексно, например разработкой адаптивной системы управления параметрами упрочнения.

#### Список используемых источников информации

1. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей электроме-ханической обработкой. Л.: Машиностроение, 1977. 184 с.
2. Федотов Г.Д. Тепловые процесс при отделочно-упрочняющей электромеханической обработке среднеуглеродистых сталей. Г.Д. Федотов, А.В. Морозов, С.Н. Петряков Известия ТулГУ. Техническиенауки. 2013. Вып. 7. Ч.2. С.384-393.
3. Edigarov V.R. The influence of process parameters of the electromechanical handling on its features. Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), 2014. DOI: 10.1109/Dynamics. 2014.7005647 Publication Year: 2014, Page(s): 1-4V.R. Edigarov, Litau E.V. Morgunov A.P.
4. Эдигаров В.Р. Технологии и оборудование комбинированных способов электромеханической обработки. В.Р. Эдигаров- Омск: ОАБИИ, 2014.- 280 с.

Научное издание

**Научный диалог:  
Вопросы точных и технических наук**

Сборник научных трудов, по материалам  
международной научно-практической конференции  
12 октября 2016 г.



**SPLN 001-000001-0069-LN**