

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

С.А. Галушин

« 29 »

января

2024 г.



Методические указания для подготовки к  
заключительному этапу

Студенческой олимпиады «Газпром» по профилю  
«Радиотехнические и телекоммуникационные системы»  
на базе федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Санкт-Петербург

2024

# ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ТУРА ОЛИМПИАДЫ

## 1. Общие положения

Студенческая Олимпиада «Газпром» по профилю «Радиотехнические и телекоммуникационные системы» (РТ и ТКС) по направлениям подготовки: 11.03.01 – «Радиотехника»; 11.03.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»; 11.03.03 – «Конструирование и технология электронных средств»; 11.05.01 – «Радиоэлектронные системы и комплексы»; 11.05.02 – «Специальные радиотехнические системы» (далее – Олимпиада Газпром РТ и ТКС) является одним из базовых мероприятий по выявлению и поддержке талантливых студентов, привлечению их к творческой научно-исследовательской деятельности в области проектирования современных и перспективных радиотехнических и телекоммуникационных систем.

Основными целями и задачами Олимпиады «Газпром» по профилю РТ и ТКС по указанным направлениям являются:

- повышение интереса и социальной значимости будущей профессиональной деятельности в сфере информационных и телекоммуникационных систем;
- закрепление и углубление знаний, умений и навыков, сформированных при освоении основной образовательной программы по соответствующему направлению подготовки (специальности) для работы в ПАО «Газпром»
- повышение качества подготовки студентов, совершенствование их мастерства, обеспечение академической мобильности обучающихся;
- формирование кадрового потенциала для исследовательской, административной, производственной, предпринимательской и иной деятельности при поддержке представителей профессионального сообщества и ПАО «Газпром»;
- повышение ответственности обучающихся за выполняемую работу, развитие способности эффективно решать проблемы в области профессиональной деятельности, проверка профессиональной готовности к самостоятельной трудовой деятельности.

Участники Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС должны продемонстрировать теоретическую и практическую подготовку, умение на практике применять знания в предметной области.

## 2. Место проведения Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС

2.1. Заключительный тур Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС проводится согласно Регламента проведения студенческой Олимпиады «Газпром» (далее - Регламент), утвержденному председателем оргкомитета студенческой Олимпиады «Газпром» В.Н. Шелудько, и Правил проведения заключительного этапа Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС в форме интеллектуальных, творческих и профессиональных состязаний.

2.2. Заключительный тур Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС проводится 06 апреля 2024 года в дистанционном формате. Организатором заключительного тура Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС является федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»).

Площадки для очного проведения заключительного тура Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС в 2023/2024 учебном году не предусматриваются.

Информация о проведении Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС размещена на сайте (<https://studolymp.gazprom.ru>).

2.3. Время начала заключительного тура Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС - 10-00 06 апреля 2024 г. (здесь и далее - время московское). Продолжительность заключительного тура – 2,5 астрономических часа.

2.4. Адрес образовательной организации высшего образования, выступающей в роли организатора заключительного тура Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС: 197376, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5; **телефон:** +7 (812) 346-44-87; **факс:** +7 (812) 346-27-58; **электронная почта:** info@etu.ru, studgazprom@etu.ru; frt@etu.ru .

2.5. Контактная информация: ответственный секретарь отборочной комиссии по приему в магистратуру факультета радиотехники и телекоммуникаций, ассистент кафедры микрорадиоэлектроники и технологии радиоаппаратуры Филипюк Ирина Александровна, e-mail: iafilepiuk@etu.ru, телефон: +7-999-218-39-12.

### **3. Участие в заключительном туре Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС**

3.1. К участию в заключительном туре Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС допускаются победители отборочного этапа Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС. К ним приравниваются победители отборочных туров Всероссийской студенческой олимпиады с международным участием «Радиотехнические и телекоммуникационные системы».

3.2. Участники заключительного тура Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС должны зарегистрироваться на электронной площадке проведения Олимпиады через личный кабинет участника, созданный при регистрации для участия в отборочном туре Олимпиады, не позднее 04 апреля, 23-59. Зарегистрированные участники до 05 апреля, 23-59 должны загрузить в личный кабинет участника электронный образ регистрационной карточки участника, распечатанной из своего личного кабинета на Портале Олимпиады. Карточка участника содержит анкетные данные участника, его регистрационный номер, а также форму согласия участника на обработку его персональных данных и должна быть им подписана. **Участники, не предоставившие организаторам подписанное согласие на обработку данных, к участию в Олимпиаде не допускаются.**

3.3. Не позднее 05 апреля, 23-59, участники получают на указанные ими в личных кабинетах участника адреса электронной почты (e-mail) ссылку для подключения к конференции, в рамках которой будет осуществляться проведение заключительного тура Олимпиады.

3.4. Во время выполнения конкурсных заданий участникам заключительного тура Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС разрешается пользоваться бумажными носителями информации (книгами, рукописными записями). Использование электронных средств (съёмных дисков, ноутбуков, планшетов), средств связи (мобильных телефонов, модемов и т.д.) с целью получения информации, которая может быть использована участниками для решения задач Олимпиады, а также информации, содержащейся в сети Интернет, запрещено.

### **4. Структура и содержание заданий Олимпиады Газпром РТ и ТКС**

4.1. Задания Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС, включает выполнение теоретических и практических конкурсных заданий, содержание которых соответствует тематике дисциплин ГОС ВПО или ФГОС ВПО по направлениям подготовки: 11.03.01 – «Радиотехника»; 11.03.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»; 11.03.03 – «Конструирование и технология электронных средств»; 11.05.01 – «Радиоэлектронные системы и комплексы»; 11.05.02 – «Специальные радиотехнические системы». К ним относятся дисциплины: «Радиотехнические цепи и сигналы», «Статистическая радиотехника», «Статистическая теория РТС и ТКС», «РТС и ТКС различного назначения» и др.

4.2. Участникам предлагаются конкурсные теоретические и практические задания.

Теоретические задания содержат концептуальные вопросы, связанные с ключевыми проблемами, возникающими при проектировании современных и перспективных радиотехнических и телекоммуникационных систем (выбор формата сигнала и его параметров, алгоритмы обработки сигналов в условиях, характерных для работы современных информационных систем).

Практические задания предполагают решение задач, связанных с описанием случайных процессов, вопросами преобразования сигналов и помех линейными и нелинейными звеньями радиотехнических и телекоммуникационных систем, задачами оптимальной линейной и нелинейной фильтрации, а также проблемами обнаружения-различения сигналов и оценки их параметров.

Продолжительность выполнения практического этапа – 2,5 астрономических часа.

4.3. Результаты выполнения теоретического и практического этапов оцениваются по 100-балльной шкале.

4.4. Задания Олимпиады обсуждаются членами Жюри Олимпиады с представителями НМС по направлению подготовки 11.03.01 – «Радиотехника», ПАО Газпром, стратегических партнеров университета, базовых кафедр.

4.5. Для подготовки к выполнению конкурсных заданий Олимпиады рекомендуется следующий перечень литературы:

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. – М.: «Радиотехника», 2004.
2. Горяинов В. Т., Журавлев А. Г., Тихонов В. И. Статистическая радиотехника: Примеры и задачи. Учебное пособие для ВУЗов / под ред. В. И. Тихонова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Сов. Радио, 1980 г.
3. Иванов М. Т., Сергиенко А. Б., Ушаков В. Н. Теоретические основы радиотехники: Учеб.пособие. / Под ред. В. Н. Ушакова. М.: Высш. школа, 2002.
4. Информационные технологии в радиотехнических системах: Учеб.пособие / В. А. Васин, И. Б. Власов, Ю. М. Егоров и др. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003.
5. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы. Пер. с англ. под ред. В.С. Кельзона. – М.: Сов.радио, 1971.
6. Перов А. И. Статистическая теория радиотехнических систем. М.: Радиотехника, 2003.
7. Прокис Джон Цифровая связь. Пер с англ./ Под ред. Д.Д. Кловского.– М.: Радио и связь, 2000.– 800с.
8. Радиосистемы передачи информации: Учебное пособие для вузов/ В.А. Васин, В.В. Калмыков, Ю.Н. Себякин, А.И. Сенин, И.Б. Федоров; под ред. И.Б. Федорова и В.В. Калмыкова.– М.: Горячая линия–Телеком, 2005. – 472 с.
9. Радиотехнические системы: Учебник для ВУЗов по специальности «Радиотехника» / Ю. П. Гришин, В. П. Ипатов, Ю. М. Казаринов и др.; под ред. Ю. М. Казаринова. М.: Высшая школа, 1990 г.
10. Радиотехнические системы: учебник для студентов высших учебных заведений / Ю. М. Казаринов и др.; под ред. Ю. М. Казаринова – М.: Издательский центр «Академия», 2008 г.
11. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для ВУЗов. Стандарт третьего поколения / под ред. В. Н. Ушакова – СПб.: Питер, 2014 г.
12. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория: справочник; под ред. Ширмана Я.Д. – М.: ЗАО «Маквис», 1998.
13. Сетевые спутниковые радионавигационные системы/ [В.С. Шебшаевич, П.П.Дмитриев, Н.В. Иванцевич и др.]; под ред. В.С.Шебшаевича. – М.: Радио и связь, 1993.
14. Системы мобильной связи: Учебное пособие для вузов/ В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов, В.Н. Смирнов; под ред. В.П. Ипатова.– Горячая линия–Телеком, 2003.

15. Скляр Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. 2-е издание.: Пер с англ.– М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.– 1104с
16. Теория обнаружения сигналов / П. С. Акимов, П. А. Бакут, В. А. Богданович и др.; Под ред. П. А. Бакута. М.: Радио и связь, 1984.
17. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем: Учеб.пособие для вузов.-М.:Радио и связь,1991
18. Френкс Л. Теория сигналов. – М: Сов. Радио, 1974.
19. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов : принципы и приложения / В. Ипатов ; пер. с англ. под ред. авт. - Москва : Техносфера, 2007. - 487 с
20. Ярлыков М.С. Статистическая теория радионавигации.- М.: Радио и связь, 1988

### 5 Пример задания Олимпиады «Газпром» РТ и ТКС предыдущих лет

1. В обнаружителе сигнала  $s(t) = \begin{cases} U, & t \in [0, T], \\ 0, & t \notin [0, T] \end{cases}$  на фоне АБГШ со СПМ  $N_0/2$  реализованном на основе согласованного фильтра (СФ), номинал линии задержки в СФ изменяется (увеличивается или уменьшается в 2 раза). Как при этом изменятся значения вероятности ложной тревоги и пропуска сигнала, если момент взятия отсчета остается неизменным и равным  $T$ ?
2. Для обработки сигнала  $s(t) = \begin{cases} U, & t \in [0, T], \\ 0, & t \notin [0, T] \end{cases}$  на фоне АБГШ со СПМ  $N_0/2$  в качестве эквивалента СФ используется коррелятор. Построить зависимость отношения сигнал-шум от длительности времени обработки на интервале  $[0, t]$ .
3. Для обнаружения детерминированного сигнала  $s(t) = \begin{cases} U \cos \omega_0 t, & t \in [0, T], \\ 0, & t \notin [0, T] \end{cases}$  на фоне АБГШ со СПМ  $N_0/2$  используется обнаружитель, в котором с порогом сравнивается не корреляционный интеграл  $z = \int_0^T y(t) s(t) dt$ , как это делается в оптимальной структуре,  $a|z|$ . Каким будет проигрыш в  $P_{по}$  по сравнению с оптимальным обнаружителем при одинаковых значениях  $P_{лт}$ ?
4. Независимые случайные величины  $x_1$  и  $x_2$  равномерно распределены в интервале  $[-a, a]$ . Найти плотность вероятности случайной величины  $y = |x_1| + |x_2|$ . Определить среднее значение и дисперсию. Какой будет результат для среднего и дисперсии, если  $y = \sum_{i=1}^N |x_i|$ ,  $w(x_i) = \begin{cases} 1/2a, & |x_i| \leq a, \\ 0, & |x_i| > a \end{cases}$ ?
5. Процесс  $x(t)$  представляет собой случайную последовательность неперекрывающихся между собой треугольных видеоимпульсов с амплитудой  $U_1$ , прямоугольных радиоимпульсов с амплитудой  $U_2$  и пауз между ними. Треугольные импульсы занимают 30% всего времени, радиоимпульсы - 20%, паузы - 50%. Найти плотность вероятности отсчетов процесса  $x(t)$  и определить среднее значение и дисперсию.
6. Какой вид манипуляции (ФМ2, ЧМ2, АМ2 с активной паузой) при одинаковой средней энергии сигналов для передачи символов "1" и "0" следует выбрать, если вероятности передачи "1" и "0"  $p$  и  $(1 - p)$  не одинаковы. Привести количественные соотношения для  $P_{ош}$ .
7. На обнаружитель полностью известного сигнала  $s(t) = \begin{cases} U \cos \omega_0 t, & t \in [0, T], \\ 0, & t \notin [0, T] \end{cases}$  на фоне АБГШ подается сигнал  $s(t) = \begin{cases} U \cos(\omega_0 t + \varphi), & t \in [0, T], \\ 0, & t \notin [0, T] \end{cases}$ , где  $\varphi$  – случайная величина равномерно распределенная в интервале  $[-\Delta\varphi, \Delta\varphi]$ . Как при заданном значении вероятности

ложной тревоги  $P_{лт}$  будет зависеть вероятность пропуска сигнала  $P_{пс}$  от  $\Delta\varphi$ ?

8. На фоне АБГШ со СПМ  $N_0/2$  обнаруживается сигнал  $s(t) = U\cos 2\pi ft + U\cos\left[2\pi\left(f_0 + \frac{1}{2T}\right)t + \varphi\right]$ ,  $t \in [0, T]$ , где  $f_0 \gg 1/T$  на фоне АБГШ со СПМ  $N_0/2$ . При каких значениях начальной фазы  $\varphi$  вероятность пропуска  $P_{пс}$  при заданном значении  $P_{лт}$  максимальна и минимальна.

9. По АБГШ-каналу со СПМ  $N_0/2$  необходимо передать два бита данных. Можно воспользоваться для этого четверкой сигналов, записанных в виде строк следующей матрицы:

$$\begin{bmatrix} + & + & + & + \\ + & - & + & - \\ + & + & - & - \\ + & - & - & + \end{bmatrix}$$

в которой символами плюс и минус обозначены полярности неперекрывающихся элементарных импульсов (чипов). Пусть  $E_0$  - энергия чипа.

а) Что за сигнальное семейство они образуют?

б) Предложите простой способ преобразования этого семейства с сохранением Рош и бинарной структуры сигналов в энергетически более эффективное. Какое семейство получится?

в) Какова вероятность ошибки Рош?

г) Каков энергетический выигрыш нового семейства относительно исходного?

10. Полезный сигнал неизменен и равен  $A$  в течение интервала наблюдения  $[0, T]$ . Априорная ПВ

$$W(A) = \begin{cases} \alpha \exp(-\alpha A), & A \geq 0, \\ 0, & A < 0 \end{cases}$$

где  $\alpha$  - известный параметр. Постройте алгоритм оптимальной оценки значения  $A$  по максимуму апостериорной вероятности (МАВ), если полезный сигнал принимается на фоне АБГШ со СПМ  $N_0/2$ .

11. В двоичной системе связи информационные нуль и единица передаются последовательностями  $N$  отсчетов, равных соответственно  $U$  и  $-U$ . Отсчеты аддитивного шума  $x_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ , независимы и подчиняются распределению Лапласа

$$W(x) = \frac{\alpha}{2} \exp(-\alpha|x|),$$

где  $\alpha > 0$ . Синтезируйте оптимальное по максимуму правдоподобия правило различения передаваемых информационных символов.

12. Требуется передать по АБГШ-каналу пять равновероятных сообщений сигналами одинаковой энергии  $E$ . Рассматриваются две альтернативы:

- использовать пятерку ортогональных сигналов;
- симплексную тройку расширить парой противоположных сигналов, ортогональной исходным трем.

Какой из этих вариантов лучше с точки зрения минимума вероятности ошибки?

13. Целью модернизации импульсной РЛС является четырехкратное снижение пиковой мощности при одновременном уменьшении среднеквадратических погрешностей оценок дальности и скорости соответственно в два и четыре раза. Какие параметры импульса и в каких пропорциях следует изменить?