

**Утверждена**  
Ученым советом  
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,  
протокол № 14-22 от «10» ноября 2022 г.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ:**

**Синтез, сложность и надёжность управляющих систем**

**Научная специальность:**

**1.2.3 - «Теоретическая информатика, кибернетика»**

**Форма обучения**

**очная**

**Дисциплина:** «Синтез, сложность и надёжность управляющих систем»

**Научная специальность:** 1.2.3 - «Теоретическая информатика, кибернетика»

**Форма обучения:** очная

**ИСПОЛНИТЕЛЬ** (разработчик программы):

Попков К.А., ИПМ им. М.В. Келдыша, д.ф.-м.н.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РЕКОМЕНДОВАНА**

Ученым советом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,

протокол № 14/22 от «10» ноября 2022 г.

Заведующий аспирантурой \_\_\_\_\_ / Меньшов И.С. /

## Оглавление

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
3.1. Структура дисциплины .....	5
3.2. Содержание разделов дисциплины.....	5
3.3. Семинарские занятия.....	5
4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.....	6
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7

## 1 АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Синтез, сложность и надёжность управляющих систем» реализуется в рамках Блока «Образовательный компонент» основной профессиональной образовательной программы реализуется в рамках Блока «Образовательный компонент» основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального исследовательского центра Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН).

Рабочая программа дисциплины «Синтез, сложность и надёжность управляющих систем» разработана и составлена на основании Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре к условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), в соответствии с учебными планами подготовки аспирантов в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по научной специальности 1.2.3 Теоретическая информатика, кибернетика.

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются: материалы конференций, симпозиумов, семинаров, Интернет-ресурсы, научные издания и монографические исследования и публикации.

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет 4 зач.ед. (144 часа), из них лекций – 4 часа, семинарских занятий – 10 часов, практических занятий – 0 часов и самостоятельной работы – 94 часа. Дисциплина реализуется на 2-м курсе, в 3-м семестре, продолжительность обучения – 1 семестр.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренные настоящей программой.

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачетно-экзаменационной сессии в форме экзамена.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели и задачи дисциплины «Синтез, сложность и надёжность управляющих систем»**

**Цель:** ознакомление с основными фактами теории булевых функций, теории синтеза, сложности, надёжности, контроля и диагностики управляющих систем на примере двух важных классов – схем из функциональных элементов и контактных схем.

**Задачи:** изучить основные понятия и утверждения теории булевых функций, освоить основные методы синтеза и анализа схем из функциональных элементов и контактных схем для получения оценок их сложности, надёжности, тестопригодности.

### 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Синтез, сложность и надёжность управляющих систем» направлен на получение определенных знаний, умений и компетенций:

**а) универсальные (УК):** не предусмотрено

**б) общепрофессиональных (ОПК):** не предусмотрено

**в) профессиональных (ПК):** Способность владеть основными методами теории булевых функций, теории синтеза, сложности и надёжности управляющих систем (ПК-1).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Иметь представление:** о проблематике задач теории булевых функций, теории синтеза, сложности, надёжности, контроля и диагностики управляющих систем, об основных методах решения этих задач.

**Знать:** основные понятия теории булевых функций, теории синтеза, сложности, надёжности, контроля и диагностики управляющих систем.

**Уметь:** применять изученные методы синтеза схем для реализации конкретных булевых функций.

**Владеть:** алгоритмами построения схем малой сложности, высокой надёжности, самокорректирующихся схем, а также схем, допускающих короткие тесты, методами получения нижних оценок сложностных характеристик схем.

**Приобрести опыт:** построения схем, реализующих заданные булевы функции, и нахождения сложности, надёжности этих схем, коротких тестов для схем.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Структура дисциплины

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	общая	
	зач.ед.	час.
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ</b> по Учебному плану	<b>4</b>	<b>144</b>
<i>Аудиторные занятия</i>		
Лекции (Л)		4
Практические занятия (ПЗ)		-
Семинары (С)		10
<i>Самостоятельная работа (СР) без учёта промежуточного контроля:</i>		
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины		94
<i>Вид контроля: экзамен</i>		36

#### 3.2. Содержание разделов дисциплины

Общее содержание дисциплины

№ раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Форма текущей аттестации
1.	Булевы функции	Понятие булевой функции. Задание функций таблицами. Существенные и несущественные переменные. Равенство функций. Формулы. Реализация функций формулами. Элементарные функции. Эквивалентность формул. Примеры эквивалентных формул. Теорема о разложении функции по множеству переменных. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма. Полные системы. Достаточное условие полноты. Примеры полных систем. Полиномы Жегалкина. Представление функций полиномами.	О, ДЗ
2.	Замкнутые классы булевых функций	Замыкание системы функций. Замкнутые классы. Линейные функции. Лемма о нелинейной функции. Классы $T_0$ и $T_1$ . Самодвойственные функции. Лемма о несамодвойственной функции. Монотонные функции. Лемма о немонотонной функции. Теорема о функциональной полноте. Предполные классы. Теорема о предполных	О, ДЗ

		<p>классах в <math>P_2</math>. Формулировки основных теорем Э. Поста. Лемма о сохранении функциями существенной зависимости от переменных.</p>	
3.	<p>Логические схемы. Синтез и сложность схем</p>	<p>Схемы из функциональных элементов. Реализация функций схемами. Реализация системы конъюнкций. Функция <math>L(n)</math>. Простейшие методы синтеза. Теорема Шеннона. Верхняя оценка числа схем. Нижняя оценка для функции <math>L(n)</math>. Контактные схемы. Функция проводимости. Функция <math>L_k(n)</math>. Простейшие методы синтеза. Контактное дерево. Метод каскадов. Верхняя оценка для функции <math>L_k(n)</math>. Верхняя оценка числа двухполюсных контактных схем. Порядок функции <math>L_k(n)</math>. Метод каскадов для схем из функциональных элементов. Верхняя оценка сложности схем, построенных методом каскадов.</p>	<p>О, ДЗ</p>
4.	<p>Надёжность схем</p>	<p>Постановка задачи синтеза надёжных схем из ненадёжных функциональных элементов. Надёжность минимальной схемы в базисе <math>\{\&amp;, \vee, -\}</math> для конъюнкции <math>n</math> переменных. Повышение надёжности схем методом Неймана; оценка ненадёжности полученной схемы. Возможности и ограничения, связанные с методом Неймана. Надёжность схем в базисе <math>\{\&amp;, \vee, -\}</math> при однотипных константных неисправностях на входах элементов. Постановка задачи синтеза надёжных схем из ненадёжных контактов. Синтез надёжных контактных схем методом Мура и Шеннона. Оценки ненадёжности схемы, получаемой последовательным, а затем еще и параллельным дублированием контакта, а также мостиковой контактной схемы. Построение сколь угодно надёжных контактных схем.</p>	<p>О, ДЗ</p>
5.	<p>Самокорректирующиеся схемы</p>	<p>Тривиальный способ построения контактных схем, самокорректирующихся относительно обрывов не более <math>a</math> контактов и замыканий не более <math>b</math> контактов. Примеры нетривиальных самокорректирующихся контактных схем. Самокорректирующиеся схемы из надёжных и ненадёжных функциональных элементов. Необходимые и достаточные условия возможности реализации любой булевой функции схемой из функциональных элементов, корректирующей произвольные неисправности не более <math>R</math> элементов. Самокорректирующиеся схемы, состоящие только из ненадёжных функциональных элементов.</p>	<p>О, ДЗ</p>
6.	<p>Тесты для схем</p>	<p>Понятия функции неисправности, полного проверяющего и полного диагностического тестов для схем, длины теста. Алгоритм построения тестов для схем на примере схемы из четырёх функциональных элементов в базисе <math>\{\&amp;, \vee, -\}</math>, реализующей функцию <math>x_1 \oplus x_2</math>: нахождение функций</p>	<p>О, ДЗ</p>

		<p>неисправности, табличное задание функций неисправности, построение вспомогательной таблицы; собственно построение теста, в том числе с помощью градиентного алгоритма. Единичные тесты для схем. Неизбыточные схемы. Полные диагностические тесты для таблиц. Общие верхние оценки длин единичных диагностических тестов для схем. Реализация произвольной булевой функции от <math>n</math> переменных схемой из функциональных элементов, моделирующей полином Жегалкина функции и допускающей единичный проверяющий тест длины не более <math>n+3</math> при константных неисправностях на входах и выходах элементов «&amp;», «<math>\oplus</math>».</p>	
7.	Оценки функций Шеннона для тестов и синтез легкотестируемых схем	<p>Тесты для входов схем. Оценки функций Шеннона длин полного проверяющего и единичного диагностического тестов при константных неисправностях на входах схем. Зависимость длины тестов от вида схем. Полные диагностические тесты для контактных схем. Возможность реализации почти любой булевой функции контактной схемой, допускающей проверяющий тест замыкания длины 2. Возможность реализации любой булевой функции схемой из функциональных элементов в базисе <math>\{\&amp;, \vee, -\}</math>, допускающей полный проверяющий тест длины не более 2 при однотипных константных неисправностях на выходах элементов. Константные верхние оценки функции Шеннона длины полного диагностического теста для схем из функциональных элементов в базисах типа Жегалкина при инверсных неисправностях на выходах элементов.</p>	О, ДЗ

**Примечание:** О – опрос, Д – дискуссия (диспут, круглый стол, мозговой штурм, ролевая игра), ДЗ – домашнее задание (эссе и пр.). Формы контроля не являются жесткими и могут быть заменены преподавателем на другую форму контроля в зависимости от контингента обучающихся. Кроме того, на занятиях семинарских может проводиться работа с нормативными документами, изданиями средств информации и прочее, что также оценивается преподавателем.

### 3.3. Лекционные занятия

№ занятия	№ Раздела (темы)	Краткое содержание Раздела (темы)	Кол-во часов
1.	3	Логические схемы. Синтез и сложность схем	2
2.	6	Тесты для схем	2
<b>ВСЕГО</b>			<b>4</b>

### 3.4. Семинарские занятия

№ занятия	№ Раздела (темы)	Краткое содержание Раздела (темы)	Кол-во часов
3.	1	Задачи теории булевых функций	2
4.	2	Задачи, связанные с замкнутыми классами булевых функций	2
5.	4	Задачи построения надёжных схем	2
6.	5	Задачи построения самокорректирующихся схем	2
7.	7	Задачи построения легкотестируемых схем	2

#### 4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**Текущая аттестация аспирантов.** Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН - Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины см. ниже.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров, практических занятий и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по 4-х бальной системе (5-отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2-не удовлетворительно).

##### Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Форма контроля знаний	Вид аттестации	Примечание
проверочные работы в течение всего курса	текущая	Ниже приведены перечни рекомендуемых задач и контрольных вопросов
экзамен	промежуточная	

Примерный перечень рекомендуемых контрольных вопросов для оценки текущего уровня успеваемости аспиранта:

1. Понятие булевой функции. Задание функций таблицами. Существенные и несущественные переменные. Равенство функций. Формулы. Реализация функций формулами. Элементарные функции. Эквивалентность формул. Примеры эквивалентных формул. Теорема о разложении функции по множеству переменных. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма.
2. Полные системы. Достаточное условие полноты. Примеры полных систем. Полиномы Жегалкина. Представление функций полиномами. Замыкание системы функций. Замкнутые классы. Линейные функции. Лемма о нелинейной функции. Классы  $T_0$  и  $T_1$ . Самодвойственные функции. Лемма о несамодвойственной функции.
3. Монотонные функции. Лемма о немонотонной функции. Теорема о функциональной полноте. Предполные классы. Теорема о предполных классах в  $P_2$ . Формулировки основных теорем Э. Поста. Лемма о сохранении функциями существенной зависимости от переменных.
4. Схемы из функциональных элементов. Реализация функций схемами. Реализация системы конъюнкций. Функция  $L(n)$ . Простейшие методы синтеза. Теорема Шеннона.
5. Верхняя оценка числа схем. Нижняя оценка для функции  $L(n)$ . Контактные схемы. Функция проводимости. Функция  $L_k(n)$ . Простейшие методы синтеза. Контактное дерево.
6. Метод каскадов. Верхняя оценка для функции  $L_k(n)$ . Верхняя оценка числа двухполюсных контактных схем. Порядок функции  $L_k(n)$ . Метод каскадов для схем из функциональных

- элементов. Верхняя оценка сложности схем, построенных методом каскадов.
7. Постановка задачи синтеза надёжных схем из ненадёжных функциональных элементов. Надёжность минимальной схемы в базисе  $\{\&, \vee, -\}$  для конъюнкции  $n$  переменных. Повышение надёжности схем методом Неймана; оценка ненадёжности полученной схемы.
  8. Возможности и ограничения, связанные с методом Неймана.
  9. Надёжность схем в базисе  $\{\&, \vee, -\}$  при однотипных константных неисправностях на входах элементов.
  10. Постановка задачи синтеза надёжных схем из ненадёжных контактов. Синтез надёжных контактных схем методом Мура и Шеннона. Оценка ненадёжности схемы, получаемой последовательным, а затем еще и параллельным дублированием контакта.
  11. Оценка ненадёжности мостиковой контактной схемы. Построение сколь угодно надёжных контактных схем. Принципиальное различие между схемами из функциональных элементов и контактными схемами с точки зрения повышения их надёжности.
  12. Тривиальный способ построения контактных схем, самокорректирующихся относительно обрывов не более  $a$  контактов и замыканий не более  $b$  контактов. Возможности построения нетривиальных самокорректирующихся контактных схем для некоторых функций от трёх переменных.
  13. Построение нетривиальной самокорректирующейся относительно одного обрыва контактной схемы для линейной функции от  $n$  переменных.
  14. Самокорректирующиеся схемы из надёжных и ненадёжных функциональных элементов. Необходимые и достаточные условия возможности реализации любой булевой функции схемой из функциональных элементов, корректирующей произвольные неисправности не более  $R$  элементов.
  15. Самокорректирующиеся схемы, состоящие только из ненадёжных функциональных элементов.
  16. Понятия функции неисправности, полного проверяющего и полного диагностического тестов для схем, длины теста. Алгоритм построения тестов для схем на примере схемы из четырёх функциональных элементов в базисе  $\{\&, \vee, -\}$ , реализующей функцию  $x_1 \oplus x_2$ : нахождение функций неисправности, табличное задание функций неисправности, построение вспомогательной таблицы; собственно построение теста, в том числе с помощью градиентного алгоритма.
  17. Единичные тесты для схем. Неизбыточные схемы. Полные диагностические тесты для таблиц. Общие верхние оценки длин единичных диагностических тестов для схем.
  18. Реализация произвольной булевой функции от  $n$  переменных схемой из функциональных элементов, моделирующей полином Жегалкина функции и допускающей единичный проверяющий тест длины не более  $n+3$  при константных неисправностях на входах и выходах элементов «&», « $\oplus$ ».
  19. Тесты для входов схем. Оценки функций Шеннона длин полного проверяющего и единичного диагностического тестов при константных неисправностях на входах схем.
  20. Возможность реализации произвольной булевой функции контактной схемой и схемой из функциональных элементов в базисе  $\{\&, \vee, -\}$ , допускающими только тривиальный полный проверяющий тест.
  21. Зависимость длины полного проверяющего теста для реализующих линейную булеву функцию схем из функциональных элементов от вида схем. Мотивировка необходимости исследования возможностей построения легкотестируемых схем.
  22. Полные диагностические тесты для контактных схем.
  23. Возможность реализации почти любой булевой функции контактной схемой, допускающей проверяющий тест замыкания длины 2.
  24. Возможность реализации любой булевой функции схемой из функциональных элементов в базисе  $\{\&, \vee, -\}$ , допускающей полный проверяющий тест длины не более 2 при однотипных константных неисправностях на выходах элементов.
  25. Константные верхние оценки функции Шеннона длины полного диагностического теста для схем из функциональных элементов в базисах типа Жегалкина при инверсных неисправностях на выходах элементов.
- Примерный перечень рекомендуемых контрольных задач для оценки текущего уровня успеваемости:

1. Представить заданную булеву функцию полиномом Жегалкина.
2. Найти замыкание и базис заданного класса булевых функций.
3. Реализовать заданную булеву функцию схемой (из функциональных элементов либо контактной) малой сложности.
4. Реализовать заданную булеву функцию схемой с использованием метода каскадов.
5. Вычислить надёжность заданной схемы.
6. Исследовать возможность реализации заданной булевой функции самокорректирующейся схемой из функциональных элементов в различных базисах.
7. Найти все минимальные полные диагностические и полные проверяющие тесты для заданной схемы.
8. Реализовать заданную булеву функцию легкотестируемой схемой.

**Промежуточная аттестация аспирантов.** Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в соответствии с локальным актом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме экзамена в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу (распоряжению заместителю директора по научной работе). Обучающийся допускается к экзамену в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок на экзамене – по 4-х бальной системе (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно).

#### **Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме экзамена**

<b>Оценка</b>	<b>Требования к знаниям и критерии выставления оценок</b>
2, неудовлетворительно	Фрагментарные знания учебного материала, фрагментарные навыки решения задач.
3, удовлетворительно	В целом успешное, но не систематическое усвоение материала, некоторые навыки решения задач.
4, хорошо	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы усвоение материала и навыки решения задач.
5, отлично	Сформированное представление о всем материале курса, уверенные навыки решения задач.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### *Основная литература*

1. Конспект лекций О. Б. Лупанова по курсу «Введение в математическую логику»/ Отв. ред. А. Б. Угольников. М.: Изд-во ЦПИ при механико-математическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова, 2007.
2. Редькин Н. П. Надёжность и диагностика схем. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992.

### *Дополнительная литература и Интернет-ресурсы*

3. Алёхина М. А. О надёжности схем в базисе  $\{V, \&, -\}$  при однотипных константных неисправностях на входах элементов // Дискретная математика. 2001. Т. 13, вып. 3.
4. С. 75-80.

5. Кириенко Г. И. О самокорректирующихся схемах из функциональных элементов // Проблемы кибернетики. Выпуск 12. М.: Наука, 1964. С. 29-37.
6. Попков К. А. О самокорректирующихся схемах из ненадёжных функциональных элементов // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. № 49. М., 2021.
7. Попков К. А. Короткие тесты замыкания для контактных схем // Математические заметки. 2020. Т. 107, вып. 4. С. 591-603.
8. Бородина Ю. В. О синтезе легкотестируемых схем в случае однотипных константных неисправностей на выходах элементов // Вестник Московского университета.
9. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика. 2008. № 1. С. 40-44.
10. Романов Д. С., Романова Е. Ю. Короткий диагностический тест для одного класса схем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Серия: Технические науки. Информатика, вычислительная техника и управление. 2017. № 04(38). С. 91-93.
11. Попков К. А. Полные диагностические тесты длины 2 для схем при инверсных неисправностях функциональных элементов // Труды МИАН. 2018. Т. 301. С. 219-224.
12. Редькин Н. П. Дискретная математика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения интерактивных методов обучения для чтения лекций требуется аудитория с мультимедиа (возможен вариант с интерактивной доской).

Для проведения дискуссий и круглых столов, возможно, использование аудиторий со специальным расположением столов и стульев.

**ИСПОЛНИТЕЛИ** (разработчики программы):

Попков К.А., ИПМ им. М.В.Келдыша, д.ф.-м.н.