

Курс «Основы кибернетики» для бакалавров (интегрированных магистров) направления 01400 «Прикладная математика и информатика» профиля «Системное программирование и компьютерные науки»

1. Общая информация (учебная нагрузка, формы контроля и др.)

Курс является обязательным для всех бакалавров (интегрированных магистров) направления 01400 – «Прикладная математика и информатика». При этом объём и, в некоторой степени, программа курса варьируются в зависимости от профиля.

Для бакалавров 3 курса профиля «Системное программирование и компьютерные науки» (320-328 группы) курс «Основы кибернетики» читается в 6 семестре в объёме 48 часов лекций, сопровождаемых 16 часами семинарских занятий. Курс завершается экзаменом, на который выносятся как теоретические вопросы, изложенные на лекциях, так и задачи, рассмотренные на семинарских занятиях.

В разделах 2-7 данного описания приводится подробная информация о содержании курса, программах и планах его изучения в 2013-2014 уч. году, методических материалах, а в разделах 8 и 9 – об особенностях организации учебного процесса, формах и сроках проведения контрольных мероприятий.

В соответствии с этими планами в течение семестра проводятся 3 основных (по 2 часа) и, возможно, несколько промежуточных (до 1 часа) тестов (контрольных). По их результатам с учётом посещаемости студентов, их работы на лекциях и семинарах, а также самостоятельной работы (см. раздел 8) выставляется предварительная оценка, которая играет существенную роль при формировании окончательной оценки на экзамене (см. раздел 9).

Чтение курса обеспечивается кафедрой математической кибернетики, лектор 2013-2014 уч. года – профессор Ложкин С.А. (lozhkin@cs.msu.su).

2. Аннотация

Курс «Основы кибернетики» (ранее «Элементы кибернетики»), создателем и основным лектором которого был чл.-корр. РАН С.В. Яблонский, читается на факультете ВМК с первых лет его существования. Он является продолжением курса «Дискретная математика» и посвящён изложению основных моделей, методов и результатов математической кибернетики, связанных с теорией дискретных управляющих систем (УС), с задачей схемной или структурной реализации дискретных функций и алгоритмов.

В нём рассматриваются различные классы УС (классы схем), представляющие собой дискретные математические модели различных типов электронных схем, систем обработки информации и управления, алгоритмов и программ. Для базовых классов УС (схем из функциональных элементов, формул, контактных схем, автоматных схем), а также некоторых других типов УС, ставятся и изучаются основные задачи теории УС: задача минимизации дизъюнктивных нормальных форм (ДНФ), задача эквивалентных преобразований и структурного моделирования УС, задача синтеза УС, задача повышения надёжности и контроля УС из ненадёжных элементов и др. Рассматриваются также некоторые вопросы сложности алгоритмов. В программу курса входят классические результаты К. Шеннона, С.В. Яблонского, Ю.И. Журавлева и О.Б. Лупанова, а также некоторые результаты последних лет. Показывается возможность практического применения этих результатов на примере задачи

3. Программа

I. Минимизация дизъюнктивных нормальных форм и связанные с ней задачи

Единый куб и функции алгебры логики (ФАЛ), представление ФАЛ с помощью ДНФ. Сокращённая ДНФ и тупиковые ДНФ, их «геометрический» смысл. Способы построения однозначно получаемых ДНФ (сокращённой, пересечения тупиковых, Квайна, суммы тупиковых). Особенности ДНФ для ФАЛ из некоторых классов. Функция покрытия и алгоритм построения всех тупиковых ДНФ, оценка длины градиентного покрытия. Алгоритмические трудности минимизации ДНФ, оценки максимальных и типичных значений некоторых параметров ДНФ.

II. Основные классы дискретных управляющих систем, структурные представления схем и оценка их числа. Некоторые модели и классы схем, связанные с программно-аппаратной реализацией алгоритмов

Различные классы УС (классы схем) как структурные математические модели различных типов электронных схем, систем обработки информации и управления, алгоритмов и программ. Основные классы УС – формулы и схемы из функциональных элементов (СФЭ), контактные схемы (КС), – их структура, меры сложности, функционирование, эквивалентность, полнота. Оценка числа схем различных типов.

Понятие подсхемы и принцип эквивалентной замены. Операция суперпозиции схем и её корректность, лемма Шеннона.

Некоторые модификации основных классов схем, связанные с программной реализацией ФАЛ. Автоматные функции, их реализация схемами из функциональных элементов и элементов задержки, схемы с «мгновенными» обратными связями. Схемы на КМОП-транзисторах, задача логического и «физического» синтеза СБИС, основные этапы её решения.

III. Синтез и сложность управляющих систем

Задача синтеза УС, сложность ФАЛ и функция Шеннона. Простейшие методы синтеза схем, реализация некоторых ФАЛ и оценка их сложности. Метод каскадов для КС и СФЭ, метод Шеннона. Мощностные методы получения нижних оценок для функций Шеннона. Асимптотически наилучшие методы синтеза формул, СФЭ и КС. Синтез схем для ФАЛ из специальных классов и индивидуальных ФАЛ.

IV. Эквивалентные преобразования управляющих систем

Тождества и связанные с ними эквивалентные преобразования УС. Построение полных систем тождеств для формул, СФЭ и КС. Отсутствие конечной полной системы тождеств для КС. Представление об эквивалентных преобразованиях автоматных схем и схем программ.

V. Надёжность и контроль управляющих систем

Самокорректирующиеся КС и простейшие методы их синтеза. Асимптотически наилучшие методы синтеза КС, корректирующих один обрыв или одно замыкание.

Задача контроля УС, тесты для таблиц. Алгоритм построения всех тупиковых тестов, оценки максимального и типичного значений длины диагностического теста.

VI. Некоторые вопросы сложности алгоритмов

Полиномиальная сводимость языков, классы P и NP, теорема Кука.

4. Предварительный список вопросов к экзамену по курсу «Основы кибернетики» (весенний семестр 2013-2014 уч. года; 320-328 группы), ориентировочный график их изучения на лекциях.

I. Минимизация дизъюнктивных нормальных форм и связанные с ней задачи (07.II–03.III)

1. Представление функций алгебры логики (ФАЛ) дизъюнктивными нормальными формами (ДНФ) и его «геометрическая» интерпретация. Совершенная ДНФ и критерий единственности ДНФ. См. [1:гл.1, §§2,5].
2. Сокращённая ДНФ и способы её построения [1:гл.1, §3].
3. Тупиковая ДНФ, ядро и ДНФ пересечение тупиковых. ДНФ Квайна, критерий вхождения простых импликант в тупиковые ДНФ и его локальность. См. [1:гл.1, §4].
4. Особенности ДНФ линейных и монотонных ФАЛ. Функция покрытия, таблица Квайна и построение всех тупиковых ДНФ. См. [1:гл.1, §§5,6].
5. Градиентный алгоритм и оценка длины градиентного покрытия, лемма о «протыкающих» наборах. Использование градиентного алгоритма для построения ДНФ. См. [1:гл.1, §6].
6. Задача минимизации ДНФ. Поведение функции Шеннона и оценки типичных значений для ранга и длины ДНФ [1:гл.1, §7].
7. Алгоритмические трудности минимизации ДНФ и оценки максимальных значений некоторых связанных с ней параметров [1:гл.1, §§1,3,7]. Теорема Ю.И. Журавлёва о ДНФ сумма минимальных [1:гл.1, §5].

II. Основные классы дискретных управляющих систем, структурные представления схем и оценка их числа. Некоторые модели и классы схем, связанные с программно-аппаратной реализацией алгоритмов (07.III–17.III, 16.V)

8. Формулы и способы их задания, эквивалентность формул и функционалы их сложности [1:гл.1, §1, гл.3, §1]. Оптимизация подобных формул по глубине [1:гл.2, §2].
9. Схемы из функциональных элементов (СФЭ) и операции их приведения. Оценка числа формул и СФЭ в базисе $B_0 = \{\&, \vee, \neg\}$. См. [1:гл.2, §§2,3].
10. Контактные схемы (КС) и π -схемы, моделирование формул и π -схем. Оценки числа КС и числа π -схем, особенности функционирования многополюсных КС. См. [1:гл.2, §§5,6].
11. Операция суперпозиции и её корректность для некоторых типов схем. Разделительные КС и лемма Шеннона. См. [1:гл.2, §§6,7].
12. Некоторые модификации основных классов схем (BDD, вычисляющие программы и др.), связанные с программной реализацией ФАЛ. См. [1:гл.2, §§4,6,7].
13. Реализация автоматных функций схемами из функциональных элементов и элементов задержки, схемы с «мгновенными» обратными связями. См. [7:§8], [2: часть I, разд. I, гл. 3, §§2-3].
14. Схемы на КМОП-транзисторах и реализация ими простейших функций. Задачи логического и топологического синтеза СБИС, основные этапы и методы их решения. См. [1:гл.2, §7], [9].

III. Синтез и сложность управляющих систем (21.III–11.IV)

15. Задача синтеза. Методы синтеза схем на основе ДНФ и связанные с ними верхние оценки сложности функций. См. [1:гл.4, §1].
16. Нижние оценки сложности ФАЛ, реализация некоторых ФАЛ и минимальность некоторых схем. См. [1:гл.4, §2], [7:§7].

17. Каскадные КС и СФЭ. Метод каскадов и примеры его применения, метод Шеннона. См. [1:гл.4,§3].
18. Нижние мощностные оценки функций Шеннона [1:гл.4,§4].
19. Дизъюнктивно-универсальные множества ФАЛ. Асимптотически наилучший метод О.Б. Лупанова для синтеза СФЭ в базисе B_0 . См. [1:гл.4,§5].
20. Регулярные разбиения единичного куба и моделирование ФАЛ переменными. Синтез схем для некоторых дешифраторов и мультиплексоров. См. [1:гл.4,§§6,7].
21. Асимптотически наилучший метод синтеза формул в базисе B_0 , поведение функции Шеннона для глубины ФАЛ [1:гл.4,§6].
22. Асимптотически наилучший метод синтеза КС. См. [1:гл.4,§7].
23. Задача синтеза схем для ФАЛ из специальных классов. Асимптотически оптимальные методы синтеза СФЭ и КС для ФАЛ из некоторых классов. См. [1:гл.4,§§4,5], [10:гл.5].

IV. Эквивалентные преобразования управляющих систем (14.IV–25.IV)

24. Эквивалентные преобразования формул с помощью тождеств. Полнота системы основных тождеств для эквивалентных преобразований формул базиса B_0 . См. [1:гл.3,§2].
25. Эквивалентные преобразования СФЭ и моделирование с их помощью формульных преобразований. Моделирование эквивалентных преобразований формул и схем в различных базисах, теорема перехода. См. [1:гл.3,§§1,3].
26. Эквивалентные преобразования КС. Основные тождества, вывод вспомогательных и обобщённых тождеств. См. [1:гл.3,§4].
27. Полнота системы основных тождеств. Отсутствие конечной полной системы тождеств в классе всех КС. См. [1:гл.3,§5].

V. Надёжность и контроль управляющих систем (07.IV, 04.III)

28. Задача контроля схем и тесты для таблиц. Построение всех тупиковых тестов, оценки длины диагностического теста. См. [1:гл.1,§8].
29. Самокорректирующиеся КС и методы их построения. Асимптотически наилучший метод синтеза КС, корректирующих 1 обрыв (1 замыкание). См. [4:§7], [2: часть III, разд. 2, §1].

VI. Некоторые вопросы сложности алгоритмов (12.III, 19.III)

30. Полиномиальная сводимость языков. Классы P и NP, NP-полнота, формулировка теоремы Кука. Примеры NP-полных проблем. См. [6:§§4.1,4.5-4.8].
31. Доказательство теоремы Кука [6:§4.6].

5. Типовые задачи к экзамену

I. Задачи на ДНФ

1. По заданной ФАЛ построить её сокращённую ДНФ, ДНФ Квайна, ДНФ сумма тупиковых, все тупиковые ДНФ.

II-III. Задачи на структурное моделирование и синтез схем

1. По заданной формуле построить подобную ей формулу минимальной глубины.
2. По заданной формуле с поднятыми отрицаниями построить моделирующую её π -схему и обратно.
3. По данной каскадной КС построить инверсную каскадную КС.
4. По заданной ФАЛ с помощью простейших методов, метода каскадов или метода Шеннона построить реализующую её СФЭ или КС.
5. Оценить сверху и снизу сложность конкретной ФАЛ или сложность самой сложной ФАЛ из заданного множества в заданном классе схем.

IV. Задачи на эквивалентные преобразования

1. По заданным эквивалентным формулам или КС построить эквивалентное преобразование, переводящее их друг в друга с помощью основных тождеств.

V. Задачи на самокоррекцию и тесты

1. По заданной КС построить эквивалентную ей самокорректирующуюся КС.
2. По заданной таблице или КС и списку её неисправностей построить все тупиковые проверяющие (диагностические) тесты.

6. Планы семинарских занятий и даты их проведения

Приведённый ниже график семинарских занятий содержит 7 занятий, проводимых по основному расписанию (ОР), и 1 занятие, которое пройдёт в каждой группе по дополнительному расписанию (ДР), отличающемуся от ОР чётностью недели и возможным изменением времени, аудитории и дня его проведения. Как правило, эти дополнительные занятия будут проходить либо во вторник на соответствующей неделе в 12⁵⁰ (вместо лекции С.А. Абрамова), либо в среду.

Семинар 1 (гр.¹ II нед. – 12.II ОР, гр. I нед. – 19.II ОР)

Представление ФАЛ с помощью ДНФ. Сокращённая ДНФ и методы её построения
Теоретический материал [1: с. 27-35], [5: с. 47, 296-298].

В классе. Из [5]: гл. I – 2.3 (3); гл. IX – 2.1 (1,2), 2.5 (1,5), 2.6 (1,5), 2.3 (1,2), 2.2 (1,2), 2.9 (1,2).

На дом. Из [5]: гл. I – 2.3 (4); гл. IX – 2.1 (3), 2.5 (2,6), 2.6 (2,6), 2.2 (3,4), 2.3 (3,4), 2.9 (6).

Семинар 2 (гр. II нед. – 26.II ОР, гр. I нед. – 5.III ОР)

Ядро и ДНФ Квайна, ДНФ сумма тупиковых. Построение всех тупиковых ДНФ.
Теоретический материал [1: с. 38-43, 51-55], [5: с. 301-302].

В классе. Из [5, гл. IX]: 3.1 (1, 5), 3.3 (1, 2 – построить ядро, ДНФ Квайна и ДНФ сумма тупиковых), 3.4 (3), 3.6 (1, 4, 7).

На дом. Из [5, гл. IX]: 3.1 (4, 6), 3.3 (3, 4 – построить ядро, ДНФ Квайна и ДНФ сумма тупиковых), 3.4 (4), 3.6 (3, 6, 8).

Семинар 3 (гр. I нед. – 11.III, 12.III ДР, гр. II нед. – 12.III ОР)

Тесты для таблиц, тесты для контактных схем.

Теоретический материал: [1: с. 65-72, 51-55], [4: с.32-34, 37-38].

В классе. Из [4]: 5.1 (1, 2 – все тупиковые диагностические тесты), 5.1 (3 – все тупиковые проверяющие тесты), 6.2, 6.4, 6.11 (если хватит времени).

¹ Группы I недели – 321, 327, все остальные группы – группы II недели.

На дом. Из [4]: 5.1 (5 – все тупиковые диагностические тесты, 6 – все тупиковые проверяющие тесты), 6.3, 6.5, 6.14.

Семинар 4 (гр. I нед. – 19.III ОР, гр. II нед. – 26.III ОР)

Оптимизация подобных формул по глубине, моделирование формул и π -схем. Сложность ФАЛ и методы синтеза схем на основе ДНФ.

Теоретический материал [1: с. 86-90, 115-117, 186-210].

В классе. Построить формулу минимальной глубины подобную формуле $x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee x_1 x_3 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_4 \bar{x}_5 \vee x_4 x_5 x_6$; по заданной формуле с поднятыми отрицаниями построить моделирующую π -схему и обратно.

Из [5: гл. X]: 1.1 (2, 3, 4, ФАЛ μ_1 – как в классе СФЭ, так и в классе КС, а также ФАЛ $(x_1 \vee x_2) x_3 \vee (\bar{x}_1 \vee x_2) x_4$ – в классе КС); 2.4 (1); доказать минимальность некоторых из построенных в предыдущих задачах схем.

На дом. Из [5: гл. X]: 1.1 (5-7), 2.4 (2); доказать минимальность некоторых из построенных в предыдущих задачах схем; построить формулу минимальной глубины подобную формуле $x_1 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 x_5 \vee x_2 x_3 x_4 \vee x_4 x_5 \vee \bar{x}_5 x_6$.

Семинар 5 (гр. II нед. – 01.IV, 02.IV ДР, гр. I нед. – 02.IV ОР)

Каскадные КС и инверсные КС; метод каскадов для КС и СФЭ. Метод Шеннона.

Теоретический материал [1: с. 186-210].

В классе. Из [5: гл. X]: 2.13 (1, 7), 2.14 (1), 2.14 (5 – как КС и СФЭ) и т.п. Для заданной каскадной КС построить инверсную к ней КС. Разлагая ФАЛ от 3 или 4 БП по всем БП, кроме последней, построить для неё КС по методу Шеннона.

На дом. Из [5: гл. X]: 2.13 (2, 6), 2.14 (2), 2.14 (6 – как КС, так и СФЭ). Для заданной каскадной КС построить инверсную к ней КС. Разлагая ФАЛ от 3 или 4 БП по всем БП, кроме последней, построить для неё КС по методу Шеннона.

Семинар 6 (гр. II нед. – 09.IV ОР, гр. I нед. – 16.IV ОР)

Асимптотически наилучшие методы синтеза, синтез схем для ФАЛ из специальных классов. Синтез самокорректирующихся КС.

Теоретический материал [1, с. 215-216, 222-224], [4: с. 49-50].

В классе. Установить асимптотику функции Шеннона для сложности класса всех ФАЛ равных 1 при $x_1=1$ (КС), класса всех самодвойственных ФАЛ (СФЭ), класса всех ФАЛ симметричных по первым трём БП (КС), класса операторов из трёх ортогональных ФАЛ (СФЭ). Из [4]: 7.9 (б), 7.10 (1), 7.13 (по книге [4] 2002 года: 7.7 (б), 7.8 (1), 7.11 (1)).

На дом. Установить асимптотику функции Шеннона для сложности класса всех ФАЛ, равных 0 при $x_1=x_2=0$ (КС), класса, состоящего из всех тех ФАЛ, у которых любая подфункция от первых трёх БП линейна, класса операторов из трёх строго ортогональных ФАЛ (СФЭ). Из [4]: 7.9 (в), 7.10 (2), 7.11 (а) (по книге [4] 2002 года: 7.7 (в), 7.8 (2), 7.9 (а)).

Семинар 7 (гр. II нед. – 23.IV ОР, гр. I нед. – 30.IV ОР)

Эквивалентные преобразования формул.

Теоретический материал [1: с. 146-161], [4: с. 19].

В классе. Из [4]: 3.1 (1), 3.3 (1, 4), 3.8 (1-3), 3.9 (1).

На дом. Из [4]: 3.1 (2), 3.3 (3, 6), 3.8 (5-9), 3.9 (2).

Семинар 8 (гр. II нед. – 07.V ОР, гр. I нед. – 14.V ОР)

Эквивалентные преобразования КС.

Теоретический материал [1: с. 169-185].

В классе. Из [4]: 4.1 (2, 4, 6-8), 4.3 (1).

На дом. Из [4]: 4.1 (9-12), 4.3 (3).

7. Литература

Основная:

1. Ложкин С.А. Лекции по основам кибернетики. – М.: МГУ, 2004. (Электронные версии лекций последних лет можно найти по адресу [http://mk.cs.msu.ru/index.php/Основы_кибернетики_\(3-й_поток\)](http://mk.cs.msu.ru/index.php/Основы_кибернетики_(3-й_поток)))
2. Яблонский С.В. Элементы математической кибернетики. – М.: Высшая школа, 2007.
3. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. – М.: Наука, 1986.
4. Алексеев В.Б., Вороненко А.А., Ложкин С.А., Романов Д.С., Сапоженко А.А., Селезнёва С.Н. Задачи по курсу «Основы кибернетики». – М.: МГУ, 2011.
5. Гаврилов Г.П., Сапоженко А.А. Задачи и упражнения по дискретной математике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
6. Алексеев В.Б. Введение в теорию сложности алгоритмов. – М.: Изд-во МГУ, 2002.

Дополнительная:

7. Алексеев В.Б., Ложкин С.А. Элементы теории графов, схем и автоматов. – М.: МГУ, 2000.
8. Дискретная математика и математические вопросы кибернетики. – М.: Наука, 1974.
9. Ложкин С.А., Марченко А.М. Математические модели и методы синтеза СБИС. (<http://mk.cs.msu.ru/images/8/87/Lozhkin-Marchenko-VSLI-models.pdf>)
10. Лупанов О.Б. Асимптотические оценки сложности управляющих систем. – М.: МГУ, 1984.
11. Нигматулин Р.Г. Сложность булевых функций. – М.: Наука, 1991.

8. Особенности организации и контроля аудиторной и самостоятельной работы студентов.

Данный вариант курса «Основы кибернетики» является достаточно сложным и объёмным математическим курсом, усвоение которого требует от студентов полноценной и регулярной как аудиторной, так и самостоятельной работы, что невозможно без чёткой организации занятий, строгой дисциплины и систематического контроля. При этом предполагается, что в рамках самостоятельной работы² студенты не только прорабатывают пройденный материал, но и *знакомятся с материалом предстоящей лекции или семинара.*

Для контроля за освоением программы курса, как уже говорилось, в течение семестра проводятся 3 основных (по 2 часа) и, возможно, несколько промежуточных (до 1 часа) тестов (контрольных) на знание и понимание определений, формулировок утверждений и т.п., а также на умение решать задачи. Планируется, кроме того, осуществлять систематический (выборочный) контроль за работой студентов как на семинарах, так и на лекциях. Все контрольные проводятся в рамках лекционного расписания по следующему графику.

Предварительный график проведения основных тестов (контрольных работ)

Раздел I и вопр. 28:

тест-контрольная №1 – **24 марта** (консультация 21.III, 9⁰⁰, ауд. П-13)

Разделы II-III и вопр. 29:

тест-контрольная №2 – **28 апреля** (консультация 25.IV, 9⁰⁰, ауд. П-13)

Раздел IV: тест-контрольная №3 – **19 мая** (консультация 16.V, 14³⁵, ауд. П-13)

Одной из форм самостоятельной работы является решение «трудных» задач, которое позволяет студентам глубже усвоить материал курса и набрать

² 1 час самостоятельной работы на 1 час аудиторных занятий.

дополнительные к результатам контрольных баллы, повысив, тем самым, свою предварительную оценку (см. раздел 9).

Важная особенность чтения данного курса связана с ускоренным характером прохождения материала в марте 2014 г. за счёт некоторых лекций по курсу С.А. Абрамова (вторник 12⁵⁰ ауд. П-13 и пятница 12⁵⁰ ауд. П-13). Часы этих лекций будут использоваться для чтения лекций по курсу «Основы кибернетики», проведения некоторых семинарских занятий вне основного расписания (см. раздел 6), а также для консультаций.

Информационные объявления, а также данные о посещаемости и текущей успеваемости студентов вывешиваются на сайте по адресу:

[http://mk.cs.msu.ru/index.php/Основы_кибернетики_\(3-й_поток\)](http://mk.cs.msu.ru/index.php/Основы_кибернетики_(3-й_поток))

9. О проведении экзамена по курсу «Основы кибернетики»

Как уже говорилось, по результатам контрольных работ с учётом посещаемости студентов, их работы на лекциях и семинарах, а также самостоятельной работы выставляется предварительная оценка.

Для студентов, имеющих предварительную оценку «5», экзамен проводится в форме собеседования по программе курса на определения, формулировки утверждений и идеи их доказательства, методы решения задач. Для студентов, имеющих предварительную оценку «2», экзамен представляет собой письменный тест-контрольную.

Все остальные студенты (с предварительной оценкой «3-», «3» и «4») получают билет с двумя вопросами и одной задачей и после 15-20 минутной подготовки отвечают на него сначала на уровне определений, формулировок утверждений и идей их доказательства, а также методов решения задач. Затем студент, по усмотрению экзаменатора, должен раскрыть те или иные детали доказательства утверждений из вопросов билета по конспектам или иным источникам, а также полностью или частично решить задачу билета в течение выделенного специально для этого времени. Студенты, набравшие не менее 80% от суммы баллов по задачам тестов-контрольных соответствующего раздела, от решения билетной задачи данного типа освобождаются. Последний этап экзамена представляет собой описанное выше собеседование по другим вопросам или задачам программы.

В соответствии с общими правилами итоговая экзаменационная оценка не может превосходить предварительную оценку больше, чем на один балл. Студент, который имеет предварительную оценку «3» или «4» и не претендует на более высокую итоговую оценку, сдаёт экзамен, как правило, по упрощённой процедуре (в форме собеседования по билету и программе без предварительной подготовки) с целью подтверждения этой оценки.