**Методические указания по выполнению лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой, и требования к порядку выполнения заданий по дисциплине**

**«Прикладная универсальная алгебра»**

#### для студентов 3-го курса

#### (для специальностей 02.03.02 – Фундаментальная информатика и информационные технологии и 10.05.01 – Компьютерная безопасность)

Лабораторная работа 1 (2-я неделя)

**Классификация бинарных отношений и системы замыканий**

**Цель работы** — изучение основных свойств бинарных отношений и операций замыкания бинарных отношений.

Порядок выполнения работы

1. Разобрать основные определения видов бинарных отношений и разработать алгоритмы классификации бинарных отношений [1].
2. Изучить свойства бинарных отношений и рассмотреть основные системы замыкания на множестве бинарных отношений [1].
3. Разработать алгоритмы построения основных замыканий бинарных отношений [1].

Содержание отчета

1. Постановка задачи.

2. Теоретические сведения по рассмотренным темам с их обоснованием.

3. Результаты работы, в том числе:

* описание алгоритма классификации бинарных отношений;
* описание алгоритмов построения основных замыканий бинарных отношений.
* псевдокоды рассмотренных алгоритмов;
* коды программ, реализующей рассмотренные алгоритмы;
* результаты тестирования программ;
* оценки сложности рассмотренных алгоритмов.

4. Выводы по работе.

Лабораторная работа 2 (4-я неделя)

**Отношение эквивалентности и отношение порядка**

**Цель работы** — изучение основных свойств бинарных отношений и операций замыкания бинарных отношений.

Порядок выполнения работы

1. Разобрать определения отношения эквивалентности, фактор-множества. Разработать алгоритмы построения эквивалентного замыкания бинарного отношения и системы представителей фактор-множества [1].
2. Разобрать определения отношения порядка и диаграммы Хассе. Разработать алгоритмы вычисления минимальных (максимальных) и наименьших (наибольших) элементов и построения диаграммы Хассе [1].
3. Разобрать определения контекста и концепта. Разработать алгоритм вычисления решетки концептов.

Содержание отчета

1. Постановка задачи.

2. Теоретические сведения по рассмотренным темам с их обоснованием.

3. Результаты работы, в том числе:

* описание алгоритма построения эквивалентного замыкания бинарного отношения и системы представителей фактор-множества;
* описание алгоритмов вычисления минимальных (максимальных) и наименьших (наибольших элементов и построения диаграммы Хассе;
* описание алгоритма построения решетки концептов;
* псевдокоды рассмотренных алгоритмов;
* коды программ, реализующей рассмотренные алгоритмы;
* результаты тестирования программ;
* оценки сложности рассмотренных алгоритмов.

4. Выводы по работе.

Лабораторная работа 3 (6-я неделя)

**Универсальные алгебры и алгебра отношений**

**Цель работы** — изучение основных понятий универсальной алгебры и операций над бинарными отношениями.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть понятие алгебраической операции и классификацию свойств операций [1]-[3],[6]. Разработать алгоритмы проверки свойств операций: ассоциативность, коммутативность, идемпотентность, обратимость, дистрибутивность.
2. Рассмотреть основные операции над бинарными отношениями [1]. Разработать алгоритмы выполнения операции над бинарными отношениями.
3. Рассмотреть основные операции над матрицами [1]-[3],[6]. Разработать алгоритмы выполнения операций над матрицами.

Содержание отчета

1. Постановка задачи.

2. Теоретические сведения по рассмотренным темам с их обоснованием.

3. Результаты работы, в том числе:

* описание алгоритмов проверки свойств операций;
* описание алгоритмов выполнения операции над бинарными отношениями;
* описание алгоритмов выполнения операции над матрицами;
* псевдокоды рассмотренных алгоритмов;
* коды программ, реализующей рассмотренные алгоритмы;
* результаты тестирования программ;
* оценки сложности рассмотренных алгоритмов;
* ***решить задачи***

**Задание 1.** С помощью теста Лайта исследуйте на ассоциативность операции умножения, заданные следующими таблицами Кэли (номер условия соответствует номеру студента в списке подгруппы по модулю 6):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *a* | *a* | *a* | *a* | | *b* | *a* | *b* | *a* | *b* | | *c* | *a* | *a* | *c* | *c* | | *d* | *a* | *b* | *c* | *d* | | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *a* | *b* | *a* | *b* | | *b* | *a* | *b* | *a* | *b* | | *c* | *a* | *b* | *c* | *d* | | *d* | *a* | *b* | *c* | *d* | |
| |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *b* | *b* | *a* | *a* | | *b* | *b* | *b* | *b* | *b* | | *c* | *a* | *b* | *d* | *c* | | *d* | *a* | *b* | *c* | *d* | | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *a* | *b* | *c* | *d* | | *b* | *b* | *c* | *b* | *d* | | *c* | *c* | *b* | *c* | *d* | | *d* | *d* | *d* | *d* | *d* | |
| |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *a* | *a* | *a* | *a* | | *b* | *a* | *b* | *a* | *b* | | *c* | *a* | *a* | *c* | *c* | | *d* | *a* | *b* | *c* | *d* | | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *a* | *b* | *a* | *b* | | *b* | *a* | *b* | *a* | *b* | | *c* | *a* | *b* | *c* | *d* | | *d* | *a* | *b* | *c* | *d* | |

**Задание 2.** Найти матрицу где *E* – единичная матрица второго порядка и **** − номер студента в списке подгруппы.

**Задание 3.** Вычислить произведение *AB* матриц , **,** где **** − номер студента в списке подгруппы.

4. Выводы по работе.

Лабораторная работа 4 (8-я неделя)

**Комбинаторная теория полугрупп**

**Цель работы** — изучение основных понятий теории полугрупп.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть понятия полугруппы, подполугруппы и порождающего множества [4],[5]. Разработать алгоритм построения подполугрупп по по таблице Кэли..
2. Разработать алгоритм построения полугруппы бинарных отношений по заданному порождающему множеству [4],[5],[9] .
3. Рассмотреть понятия подгруппы, порождающего множества и определяющих соотношений. Разработать алгоритм построения полугруппы по порождающему множеству и определяющим соотношениям [4],[5],[9].

Содержание отчета

1. Постановка задачи.

2. Теоретические сведения по рассмотренным темам с их обоснованием.

3. Результаты работы, в том числе:

* описание алгоритма построения подполугруппы по заданному порождающему множеству;
* описание алгоритма построения полугруппы бинарных отношений по заданному порождающему множеству;
* описание алгоритма построения полугруппы по порождающему множеству и определяющим соотношениям;
* псевдокоды рассмотренных алгоритмов;
* коды программ, реализующей рассмотренные алгоритмы;
* результаты тестирования программ;
* оценки сложности рассмотренных алгоритмов;
* ***решить задачи (номер условия соответствует номеру студента в списке подгруппы по модулю 6)***

**Задание 1.** Найдите полугруппу *S=<f,g>* преобразований множества *X=*{1,2,3}, порожденную следующими преобразованиями *f,g* в симметрической полугруппеT(*X*) преобразований множества *X*:

|  |  |
| --- | --- |
| 1. , ; | 1. , ; |
| 1. , ; | 1. , ; |
| 1. , | 1. , . |

**Задание 2.** Найдите индекс и период следующих элементов *a* полугруппы преобразований множества *X=*{1,2,3,4,5}:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Задание 3.** Найдите полугруппу *S* по следующему ее копредставлению:

1. *S = <x,y : xy = yx, x*3 *= x*2*, y*2 *= y >;*
2. *S = <x,y : xy = yx, x*2 *= x, y*3 *= y >;*
3. *S = <x,y : xy = yx, x*3 *= x*2*, y*2 *=x >;*
4. *S = <x,y : xy = yx, x*2 *= y, y*3 *= y >;*
5. *S = <x,y : xy = yx, x*3 *= x*2*, y*2 *= x >;*
6. *S = <x,y : xy = yx, x*2 *= y, y*3 *= x >.*

4. Выводы по работе.

Лабораторная работа 5\* (10-я неделя)

**Идеалы полугрупп**

**Цель работы** — изучение строения полугрупп с помощью отношений Грина.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть понятия идеалов полугруппы [4],[5]. Разработать алгоритмы построения идеалов полугруппы по таблице Кэли.
2. Рассмотреть понятия и свойства отношений Грина на полугруппах [4],[5]. .
3. Разработать алгоритмы вычисления отношений Грина и построения «egg-box»-картины конечной полугруппы [4],[5],[9].

Содержание отчета

1. Постановка задачи.

2. Теоретические сведения по рассмотренным темам с их обоснованием.

3. Результаты работы, в том числе:

* описание алгоритмов построения идеалов полугруппы по таблице Кэли;
* описание алгоритмов вычисления отношений Грина по таблице Кэли;
* описание алгоритмов вычисления отношений Грина по порождающему множеству и определяющим соотношениям;
* псевдокоды рассмотренных алгоритмов;
* коды программ, реализующей рассмотренные алгоритмы;
* результаты тестирования программ;
* оценки сложности рассмотренных алгоритмов;
* ***решить задачи (номер условия соответствует номеру студента в списке подгруппы по модулю 6)***

**Задание 1.** Найдите подполугруппу *,* правый , левый и двусторонний идеалыполугруппы *S*, порожденные элементом *x,* и определите порядок элемента *x* для каждого элемента полугруппы, на которой бинарная операция задана следующей таблицей Кэли:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *a* | *b* | *c* | *d* | | *b* | *a* | *b* | *c* | *d* | | *c* | *a* | *b* | *c* | *d* | | *d* | *a* | *b* | *c* | *d* | | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *a* | *b* | *a* | *a* | | *b* | *b* | *a* | *d* | *c* | | *c* | *c* | *a* | *a* | *b* | | *d* | *d* | *a* | *b* | *a* | |
| |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *a* | *b* | *c* | *d* | | *b* | *a* | *b* | *c* | *d* | | *c* | *c* | *a* | *d* | *b* | | *d* | *d* | *c* | *b* | *a* | | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *a* | *b* | *c* | *d* | | *b* | *b* | *c* | *d* | *a* | | *c* | *c* | *d* | *a* | *b* | | *d* | *d* | *a* | *b* | *c* | |
| |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *a* | *b* | *c* | *d* | | *b* | *b* | *a* | *d* | *c* | | *c* | *c* | *d* | *a* | *b* | | *d* | *d* | *c* | *b* | *a* | | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | ⋅ | *a* | *b* | *c* | *d* | | *a* | *a* | *b* | *c* | *d* | | *b* | *b* | *d* | *a* | *c* | | *c* | *c* | *a* | *d* | *b* | | *d* | *d* | *a* | *b* | *c* | |

**Задание 2.** Для ответствующих варианту полугрупп из Задания 1 найдите отношения Грина и «egg-box»-картины.

**Задание 3.** По копредставлению полугруппу *S* найдите отношения Грина и «egg-box»-картины:

1. *S = <x,y : xy = yx, x*3 *= x*2*, y*2 *= x >;*
2. *S = <x,y : xy = yx, x*2 *= y, y*3 *= x >;*
3. *S = <x,y : xy = yx, x*3 *= x*2*, y*2 *=y >;*
4. *S = <x,y : xy = yx, x*2 *= y, y*3 *= x >;*
5. *S = <x,y : xy = yx, x*3 *= x, y*2 *= y >;*
6. *S = <x,y : xy = yx, x*3 *= x, y*2 *= x >.*

4. Выводы по работе.

Лабораторная работа 6\* (12-я неделя)

**Конечные автоматы**

**Цель работы** — изучение основных понятия теории автоматов.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть понятие автомата, изучить основные операции над автоматами и доказать их свойства [1].
2. Разработать алгоритмы построения автоматов и вычисления суммы, произведения и композиции автоматов [1],[4].
3. Разобрать понятие моноида переходов автомата. Разработать алгоритмы построения моноида переходов автомата и описания формальных языков, распознаваемых конечными моноидами [4].

Содержание отчета

1. Постановка задачи.

2. Теоретические сведения по рассмотренным темам с их обоснованием.

3. Результаты работы, в том числе:

* описание алгоритмов построения автоматов и вычисления суммы, произведения и композиции автоматов;
* описание алгоритмов построения моноида переходов автомата и формальных языков, распознаваемых конечными моноидами;
* псевдокоды рассмотренных алгоритмов;
* коды программ, реализующей рассмотренные алгоритмы;
* результаты тестирования программ;
* оценки сложности рассмотренных алгоритмов;
* ***решить задачи***

**Задание 1.** Пусть - элемент задержки и – триггер. Построить автомат **,** если множество и отображения определяются для элементов по формулам (номер условия соответствует номеру студента в списке подгруппы по модулю 10):



**Задание 2.** Для заданного таблицей автомата найти моноид, распознающий язык Здесь для номера студента в списке подгруппы.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *A1* | *a* | *b* |  |  | *A2* | *a* | *b* |  |  | *A3* | *a* | *b* |  |  | *A4* | *a* | *b* |  |  | *A5* | *a* | *b* |
|  | 1 | 2 | 2 |  |  | 1 | 3 | 1 |  |  | 1 | 1 | 3 |  |  | 1 | 3 | 1 |  |  | 1 | 3 | 2 |
|  | 2 | 2 | 3 |  |  | 2 | 1 | 1 |  |  | 2 | 1 | 1 |  |  | 2 | 1 | 1 |  |  | 2 | 1 | 2 |
|  | 3 | 2 | 1 |  |  | 3 | 2 | 1 |  |  | 3 | 1 | 2 |  |  | 3 | 2 | 1 |  |  | 3 | 2 | 2 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *A6* | *a* | *b* |  |  | *A7* | *a* | *b* |  |  | *A8* | *a* | *b* |  |  | *A9* | *a* | *b* |  |  | *A10* | *a* | *b* |
|  | 1 | 1,2 | 2 |  |  | 1 | 2 |  |  |  | 1 | 2 |  |  |  | 1 | 2 | 2 |  |  | 1 | 1,2 |  |
|  | 2 | 2 |  |  |  | 2 | 1,2 | 1 |  |  | 2 | 1,2 | 1 |  |  | 2 | 1,2 |  |  |  | 2 | 1 | 1 |

4. Выводы по работе.

Лабораторная работа 7\* (15-я неделя)

**Алгебраическое распознавание языков**

**Цель работы** — изучение основных понятий теории автоматов и формальных языков.

Порядок выполнения работы

1. Разобрать понятие регулярных языков и доказать их свойства [4],[7]..
2. Разобрать понятие распознаваемых автоматами формальных языков. Разработать алгоритмы построения рациональных выражений для формальных языков, распознаваемых конечными автоматами [4],[7],[8].
3. Разработать алгоритмы построения автоматов, распознающих рациональные языки по их рациональному выражению [7],[8]..

Содержание отчета

1. Постановка задачи.

2. Теоретические сведения по рассмотренным темам с их обоснованием.

3. Результаты работы, в том числе:

* описание алгоритмов построения рациональных выражений для формальных языков, распознаваемых конечными автоматами;
* описание алгоритмов построения автоматов, распознающих рациональные языки по их рациональному выражению;
* псевдокоды рассмотренных алгоритмов;
* коды программ, реализующей рассмотренные алгоритмы;
* результаты тестирования программ;
* оценки сложности рассмотренных алгоритмов,
* ***решить задачи***

**Задание 1.** Найти рациональные выражения для языков:

где для номера студента в списке подгруппы.

**Задание 2.** Найти автоматы, распознающие рациональные языки:

где для номера студента в списке подгруппы.

**Задание 3.**

По данной таблице построить граф автомата и найти рациональное выражение для языка, распознаваемого этим автоматом. Здесь для номера студента в списке подгруппы.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *A1* | *a* | *b* |  |  | *A2* | *a* | *b* |  |  | *A3* | *a* | *b* |  |  | *A4* | *a* | *b* |  |  | *A5* | *a* | *b* |
|  | 1 | 2 | 3 |  |  | 1 | 1 | 2 |  |  | 1 | 2 | 3 |  |  | 1 | 2 | 4 |  |  | 1 | 2 | 3 |
|  | 2 | 3 | 4 |  |  | 2 | 3 | 4 |  |  | 2 | 3 | 2 |  |  | 2 | 2 | 4 |  |  | 2 | 2 | 4 |
|  | 3 | 3 | 4 |  |  | 3 | 4 | 3 |  |  | 3 | 3 | 3 |  |  | 3 | 3 | 4 |  |  | 3 | 3 | 4 |
|  | 4 | 4 | 4 |  |  | 4 | 4 | 4 |  |  | 4 | 4 | 3 |  |  | 4 | 4 | 4 |  |  | 4 | 4 | 4 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *A6* | *a* | *b* |  |  | *A7* | *a* | *b* |  |  | *A8* | *a* | *b* |  |  | *A9* | *a* | *b* |  |  | *A10* | *a* | *b* |
|  | 1 | 2 | 1 |  |  | 1 | 4 | 2 |  |  | 1 | 2 | 3 |  |  | 1 | 2 | 3 |  |  | 1 | 3 | 2 |
|  | 2 | 2 | 3 |  |  | 2 | 2 | 3 |  |  | 2 | 3 | 2 |  |  | 2 | 4 | 2 |  |  | 2 | 4 | 2 |
|  | 3 | 3 | 4 |  |  | 3 | 2 | 3 |  |  | 3 | 3 | 3 |  |  | 3 | 3 | 3 |  |  | 3 | 3 | 4 |
|  | 4 | 4 | 4 |  |  | 4 | 4 | 4 |  |  | 4 | 4 | 3 |  |  | 4 | 3 | 4 |  |  | 4 | 3 | 3 |

4. Выводы по работе.

Для зачета каждой лабораторной работы необходимо представить письменный отчет с изложением изученных теоретических вопросов, решением задач, программной реализацией не менее половины разработанных алгоритмов и результатами тестирования компьютерных программ.

Для допуска к экзамену необходимо выполнить не менее 4-х лабораторных работ.

Выполнение лабораторных работ повышенной трудности 5\*,6\*,7\* будет влиять на качество экзаменационной оценки.

**Рекомендуемый библиографический список**

#### ОСНОВНАЯ

1. Богомолов А. М., Салий В. Н. Алгебраические основы теории дискретных систем. – М. : Наука, 1997.
2. [Курош А.Г.](http://library.sgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=NIKA&P21DBN=NIKA&S21STN=1&S21REF=1&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=1&S21P03=A=&S21STR=%D0%9A%D1%83%D1%80%D0%BE%D1%88,%20%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%80%20%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87) Курс высшей алгебры. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань ; М. : Физматкнига, 2007.
3. Глухов, М. М. Алгебра. В 2-х томах [Электронный ресурс] / М. М. Глухов, В. П. Елизаров, А. А. Нечаев // Obuchalka.org [Электронный ресурс] : Книги по математике. – URL: https://obuchalka.org/2013062972182/algebra-tom-2-gluhov-m-m-elizarov-v-p-nechaev-a-a-2003.html (дата обращения: 18.10.2020). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Лаллеман, Ж. Полугруппы и комбинаторные приложения. [Электронный ресурс] / Ж. Лаллеман // Studmed.ru [Электронный ресурс] : Учебно-методическая литература. – URL: https://www.studmed.ru/lalleman-zh-polugruppy-i-kombinatornye-prilozheniya\_75604a84c7c.html (дата обращения: 26.11.2020). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Клиффорд, А. Алгебраическая теория полугрупп [Электронный ресурс] / А. Клиффорд, Г. Престон ; пер. В. А. Баранский, В. Г. Житомирский. – М.: Мир, 1972. – 283 с.
6. Кострикин, А. И. Введение в алгебру. Введение в алгебру. Часть I: Основы алгебры / А. И. Кострикин. – М.: Физмалит, 2004. – 272 с.

## Мотвани Р., Ульман Д., Хопкрофт Д.: Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. – М.: Диалектика, 2019.

1. Седжвик Р., Уэйн К. Основы программирования на Java, ООП, алгоритмы и структуры данных. – СПб. : Питер, 2018.
2. Froidure, V. Algorithms for computing finite semigroups [Электронный ресурс] / V. Froidure, J. Pin // Cite Seer X [Электронный ресурс] : Электронная библиотека и поисковая машина по публикациям. – URL: https:// citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.324.2056&rep=rep1&type=pdf (дата обращения: 20.11.2020). – Загл. с экрана. – Яз. англ.