Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Математическое программирование

Лабораторная работа № 2

Комбинаторные алгоритмы решения оптимизационных задач

Студент: Жамойдо А. И.

ФИТ 2 курс 10 группа

Преподаватель: Ромыш А. С.

Минск 2025

**Лабораторная работа 2.** **Комбинаторные алгоритмы решения оптимизационных задач**

**Цель работы:** приобрести навыки разработки генераторов подмножеств, перестановок, сочетаний и размещений на С++; научиться применять разработанные генераторы для решения задач о рюкзаке (упрощенную, коммивояжера, об оптимальной загрузке судна и об оптимальной загрузке судна с центровкой.

**Задание 1.** Разобрать и разработать генератор подмножеств заданного множества.

Ниже в листингах представлены заголовочные файлы и файлы .cpp с реализацией поставленной задачи.

|  |
| --- |
| #pragma once  namespace combi  {  struct subset // генератор множества всех подмножеств  {  short n, // количество элементов исходного множества < 64  sn, // количество элементов текущего подмножества  \* sset; // массив индексов текущего подмножества  unsigned \_\_int64 mask; // битовая маска  subset(short n = 1); // конструктор(количество элементов исходного множества)  short getfirst(); // сформормировать массив индексов по битовой маске  short getnext(); // ++маска и сформировать массив индексов  short ntx(short i); // получить i-й элемент массива индексов  unsigned \_\_int64 count(); // вычислить общее количество подмножеств  void reset(); // сбросить генератор, начать сначала  };  }; |

Листинг 2.1 — файл Combi.h

|  |
| --- |
| #include "Combi.h"  #include <algorithm>  namespace combi  {  subset::subset(short n)  {  this->n = n;  this->sset = new short[n];  this->reset();  };  void subset::reset()  {  this->sn = 0;  this->mask = 0;  };  short subset::getfirst()  {  \_\_int64 buf = this->mask;  this->sn = 0;  for (short i = 0; i < n; i++)  {  if (buf & 0x1)  this->sset[this->sn++] = i;  buf >>= 1;  }  return this->sn;  };  short subset::getnext()  {  int rc = -1;  this->sn = 0;  if (++this->mask < this->count())  rc = getfirst();  return rc;  };  short subset::ntx(short i)  {  return this->sset[i];  };  unsigned \_\_int64 subset::count()  {  return (unsigned \_\_int64)(1 << this->n);  };  }; |

Листинг 2.2 — файл Combi.cpp

|  |
| --- |
| #include "Combi.h"  #include <iostream>  int main()  {  setlocale(LC\_ALL, "rus");  char AA[][2] = { "A", "B", "C", "D" };  std::cout << std::endl << " - Генератор множества всех подмножеств -";  std::cout << std::endl << "Исходное множество: ";  std::cout << "{ ";  for (int i = 0; i < sizeof(AA) / 2; i++)  std::cout << AA[i] << ((i < sizeof(AA) / 2 - 1) ? ", " : " ");  std::cout << "}";  std::cout << std::endl << "Генерация всех подмножеств ";  combi::subset s1(sizeof(AA) / 2); // создание генератора  int n = s1.getfirst(); // первое (пустое) подмножество  while (n >= 0) // пока есть подмножества  {  std::cout << std::endl << "{ ";  for (int i = 0; i < n; i++)  std::cout << AA[s1.ntx(i)] << ((i < n - 1) ? ", " : " ");  std::cout << "}";  n = s1.getnext(); // cледующее подмножество  };  std::cout << std::endl << "всего: " << s1.count() << std::endl;  system("pause");  return 0;  } |

Листинг 2.3 — файл Lab\_02\_1.cpp

Результат работы генератора подмножеств заданного множества предоставлен на рисунке 2.1.

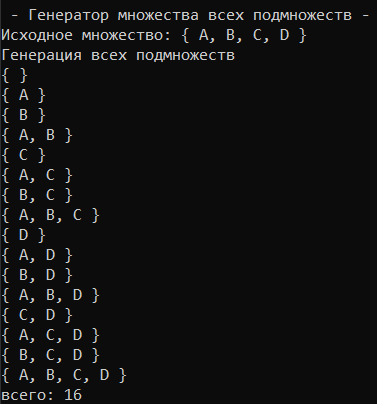


Рисунок 2.1 — результат работы генератора подмножеств заданного множества

**Задание 2.** Разобрать и разработать генератор сочетаний.

Ниже в листингах представлены заголовочные файлы и файлы .cpp с реализацией поставленной задачи.

|  |
| --- |
| #pragma once  namespace combi  {  struct xcombination // генератор сочетаний (эвристика)  {  short n, // количество элементов исходного множества  m, // количество элементов в сочетаниях  \* sset; // массив индексов текущего сочетания  xcombination(  short n = 1, // количество элементов исходного множества  short m = 1 // количество элементов в сочетаниях  );  void reset(); // сбросить генератор, начать сначала  short getfirst(); // сформировать первый массив индексов  short getnext(); // сформировать следующий массив индексов  short ntx(short i); // получить i-й элемент массива индексов  unsigned \_\_int64 nc; // номер сочетания 0,..., count()-1  unsigned \_\_int64 count() const; // вычислить количество сочетаний  };  }; |

Листинг 2.4 — файл Combi.h

|  |
| --- |
| #include "Combi.h"  #include <algorithm>  namespace combi  {  xcombination::xcombination(short n, short m)  {  this->n = n;  this->m = m;  this->sset = new short[m + 2];  this->reset();  }  void xcombination::reset() // сбросить генератор, начать сначала  {  this->nc = 0;  for (int i = 0; i < this->m; i++)  this->sset[i] = i;  this->sset[m] = this->n;  this->sset[m + 1] = 0;  };  short xcombination::getfirst()  {  return (this->n >= this->m) ? this->m : -1;  };  short xcombination::getnext() // сформировать следующий массив индексов  {  short rc = getfirst();  if (rc > 0)  {  short j;  for (j = 0; this->sset[j] + 1 == this->sset[j + 1]; ++j)  this->sset[j] = j;  if (j >= this->m)  rc = -1;  else  {  this->sset[j]++;  this->nc++;  };  }  return rc;  };  short xcombination::ntx(short i)  {  return this->sset[i];  };  unsigned \_\_int64 fact(unsigned \_\_int64 x)  {  return (x == 0) ? 1 : (x \* fact(x - 1));  };  unsigned \_\_int64 xcombination::count() const  {  return (this->n >= this->m) ?  fact(this->n) / (fact(this->n - this->m) \* fact(this->m)) : 0;  };  } |

Листинг 2.5 — файл Combi.cpp

|  |
| --- |
| #include <iostream>  #include "Combi.h"  int main()  {  setlocale(LC\_ALL, "rus");  char AA[][2] = { "A", "B", "C", "D", "E" };  std::cout << std::endl << " --- Генератор сочетаний ---";  std::cout << std::endl << "Исходное множество: ";  std::cout << "{ ";  for (int i = 0; i < sizeof(AA) / 2; i++)  std::cout << AA[i] << ((i < sizeof(AA) / 2 - 1) ? ", " : " ");  std::cout << "}";  std::cout << std::endl << "Генерация сочетаний ";  combi::xcombination xc(sizeof(AA) / 2, 3);  std::cout << "из " << xc.n << " по " << xc.m;  int n = xc.getfirst();  while (n >= 0)  {  std::cout << std::endl << xc.nc << ": { ";  for (int i = 0; i < n; i++)  std::cout << AA[xc.ntx(i)] << ((i < n - 1) ? ", " : " ");  std::cout << "}";  n = xc.getnext();  };  std::cout << std::endl << "всего: " << xc.count() << std::endl;  system("pause");  return 0;  } |

Листинг 2.6 — файл Lab\_02\_2.cpp

Результат работы генератора сочетаний предоставлен на рисунке 2.2.

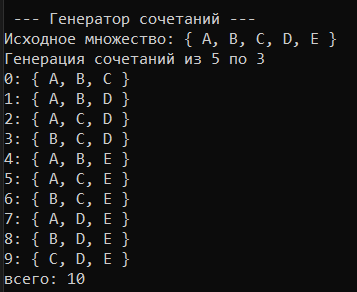


Рисунок 2.2 — результат работы генератора сочетаний

**Задание 3.** Разобрать и разработать генератор перестановок.

Ниже в листингах представлены заголовочные файлы и файлы .cpp с реализацией поставленной задачи.

|  |
| --- |
| #pragma once  namespace combi  {  struct permutation // генератор перестановок  {  const static bool L = true; // левая стрелка  const static bool R = false; // правая стрелка  short n, // количество элементов исходного множества  \* sset; // массив индексов текущей перестановки  bool\* dart; // массив стрелок (левых-L и правых-R)  permutation(short n = 1); // конструктор (количество элементов исходного множества)  void reset(); // сбросить генератор, начать сначала  \_\_int64 getfirst(); // сформировать первый массив индексов  \_\_int64 getnext(); // сформировать случайный массив индексов  short ntx(short i); // получить i-й элемент масива индексов  unsigned \_\_int64 np; // номер перествновки 0,... count()-1  unsigned \_\_int64 count() const; // вычислить общее кол. перестановок  };  }; |

Листинг 2.7 — файл Combi.h

|  |
| --- |
| #include "Combi.h"  #include <algorithm>  #define NINF ((short)0x8000)  namespace combi  {  permutation::permutation(short n)  {  this->n = n;  this->sset = new short[n];  this->dart = new bool[n];  this->reset();  };  void permutation::reset()  {  this->getfirst();  };  \_\_int64 permutation::getfirst()  {  this->np = 0;  for (int i = 0; i < this->n; i++)  {  this->sset[i] = i; this->dart[i] = L;  };  return (this->n > 0) ? this->np : -1;  };  \_\_int64 permutation::getnext()  {  \_\_int64 rc = -1;  short maxm = NINF, idx = -1;  for (int i = 0; i < this->n; i++)  {  if (i > 0 &&  this->dart[i] == L &&  this->sset[i] > this->sset[i - 1] &&  maxm < this->sset[i])  {  maxm = this->sset[idx = i];  }    if (i < (this->n - 1) &&  this->dart[i] == R &&  this->sset[i] > this->sset[i + 1] &&  maxm < this->sset[i])  {  maxm = this->sset[idx = i];  }    };  if (idx >= 0)  {  std::swap(this->sset[idx],  this->sset[idx + (this->dart[idx] == L ? -1 : 1)]);  std::swap(this->dart[idx],  this->dart[idx + (this->dart[idx] == L ? -1 : 1)]);  for (int i = 0; i < this->n; i++)  if (this->sset[i] > maxm) this->dart[i] = !this->dart[i];  rc = ++this->np;  }  return rc;  };  short permutation::ntx(short i)  {  return this->sset[i];  };  unsigned \_\_int64 fact(unsigned \_\_int64 x)  {  return (x == 0) ? 1 : (x \* fact(x - 1));  };  unsigned \_\_int64 permutation::count() const  {  return fact(this->n);  };  } |

Листинг 2.8 — файл Combi.cpp

|  |
| --- |
| #include <iostream>  #include "Combi.h"  #include <iomanip>  int main() // алгоритм Джонсона – Троттера  {  setlocale(LC\_ALL, "rus");  char AA[][2] = { "A", "B", "C", "D" };  std::cout << std::endl << " --- Генератор перестановок ---";  std::cout << std::endl << "Исходное множество: ";  std::cout << "{ ";  for (int i = 0; i < sizeof(AA) / 2; i++)  std::cout << AA[i] << ((i < sizeof(AA) / 2 - 1) ? ", " : " ");  std::cout << "}";  std::cout << std::endl << "Генерация перестановок ";  combi::permutation p(sizeof(AA) / 2);  \_\_int64 n = p.getfirst();  while (n >= 0)  {  std::cout << std::endl << std::setw(4) << p.np << ": { ";  for (int i = 0; i < p.n; i++)  std::cout << AA[p.ntx(i)] << ((i < p.n - 1) ? ", " : " ");  std::cout << "}";  n = p.getnext();  };  std::cout << std::endl << "всего: " << p.count() << std::endl;  system("pause");  return 0;  } |

Листинг 2.9 — файл Lab\_02\_3.cpp

Результат работы генератора перестановок предоставлен на рисунке 2.3.

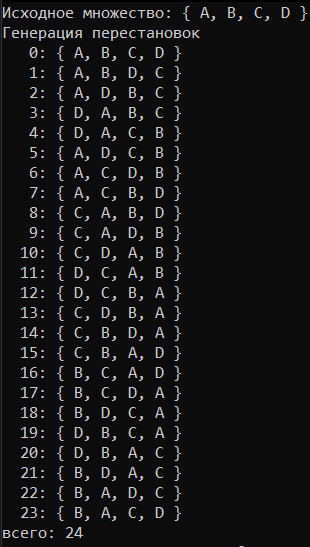


Рисунок 2.3 — результат работы генератора перестановок

**Задание 4.** Разобрать и разработать генератор размещений.

Ниже в листингах представлены заголовочные файлы и файлы .cpp с реализацией поставленной задачи.

|  |
| --- |
| // Combi.h  #pragma once  namespace combi  {  struct xcombination // генератор сочетаний (эвристика)  {  short n, // количество элементов исходного множества  m, // количество элементов в сочетаниях  \* sset; // массив индексов текущего сочетания  xcombination(  short n = 1, // количество элементов исходного множества  short m = 1 // количество элементов в сочетаниях  );  void reset(); // сбросить генератор, начать сначала  short getfirst(); // сформировать первый массив индексов  short getnext(); // сформировать следующий массив индексов  short ntx(short i); // получить i-й элемент массива индексов  unsigned \_\_int64 nc; // номер сочетания 0,..., count()-1  unsigned \_\_int64 count() const; // вычислить количество сочетаний  };  struct permutation // генератор перестановок  {  const static bool L = true; // левая стрелка  const static bool R = false; // правая стрелка  short n, // количество элементов исходного множества  \* sset; // массив индексов текущей перестановки  bool\* dart; // массив стрелок (левых-L и правых-R)  permutation(short n = 1); // конструктор (количество элементов исходного множества)  void reset(); // сбросить генератор, начать сначала  \_\_int64 getfirst(); // сформировать первый массив индексов  \_\_int64 getnext(); // сформировать случайный массив индексов  short ntx(short i); // получить i-й элемент масива индексов  unsigned \_\_int64 np; // номер перествновки 0,... count()-1  unsigned \_\_int64 count() const; // вычислить общее кол. перестановок  };  struct accomodation // генератор размещений  {  short n, // количество элементов исходного множества  m, // количество элементов в размещении  \* sset; // массив индесов текущего размещения  xcombination\* cgen; // указатель на генератор сочетаний  permutation\* pgen; // указатель на генератор перестановок  accomodation(short n = 1, short m = 1); // конструктор  void reset(); // сбросить генератор, начать сначала  short getfirst(); // сформировать первый массив индексов  short getnext(); // сформировать следующий массив индексов  short ntx(short i); // получить i-й элемент массива индексов  unsigned \_\_int64 na; // номер размещения 0, ..., count()-1  unsigned \_\_int64 count() const; // общее количество размещений  };  } |

Листинг 2.10 — файл Combi.h

|  |
| --- |
| #include "Combi.h"  #include <algorithm>  #define NINF ((short)0x8000)  namespace combi  {  accomodation::accomodation(short n, short m)  {  this->n = n;  this->m = m;  this->cgen = new xcombination(n, m);  this->pgen = new permutation(m);  this->sset = new short[m];  this->reset();  }  void accomodation::reset()  {  this->na = 0;  this->cgen->reset();  this->pgen->reset();  this->cgen->getfirst();  };  short accomodation::getfirst()  {  short rc = (this->n >= this->m) ? this->m : -1;  if (rc > 0)  {  for (int i = 0; i <= this->m; i++)  this->sset[i] = this->cgen->sset[this->pgen->ntx(i)];  };  return rc;  };  short accomodation::getnext()  {  short rc;  this->na++;  if ((this->pgen->getnext()) > 0) rc = this->getfirst();  else if ((rc = this->cgen->getnext()) > 0)  {  this->pgen->reset(); rc = this->getfirst();  };  return rc;  };  short accomodation::ntx(short i)  {  return this->sset[i];  };  // факториал из структуры accomodation  unsigned \_\_int64 fact(unsigned \_\_int64 x)  {  return (x == 0) ? 1 : (x \* fact(x - 1));  };  unsigned \_\_int64 accomodation::count() const  {  return (this->n >= this->m) ?  fact(this->n) / fact(this->n - this->m) : 0;  };  //--------------------------------------------------------------------  permutation::permutation(short n)  {  this->n = n;  this->sset = new short[n];  this->dart = new bool[n];  this->reset();  };  void permutation::reset()  {  this->getfirst();  };  \_\_int64 permutation::getfirst()  {  this->np = 0;  for (int i = 0; i < this->n; i++)  {  this->sset[i] = i;  this->dart[i] = L;  };  return (this->n > 0) ? this->np : -1;  };  \_\_int64 permutation::getnext()  {  \_\_int64 rc = -1;  short maxm = NINF, idx = -1;  for (int i = 0; i < this->n; i++)  {  if (i > 0 &&  this->dart[i] == L &&  this->sset[i] > this->sset[i - 1] &&  maxm < this->sset[i])  {  maxm = this->sset[idx = i];  }  if (i < (this->n - 1) &&  this->dart[i] == R &&  this->sset[i] > this->sset[i + 1] &&  maxm < this->sset[i])  {  maxm = this->sset[idx = i];  }  };  if (idx >= 0)  {  std::swap(this->sset[idx],  this->sset[idx + (this->dart[idx] == L ? -1 : 1)]);  std::swap(this->dart[idx],  this->dart[idx + (this->dart[idx] == L ? -1 : 1)]);  for (int i = 0; i < this->n; i++)  if (this->sset[i] > maxm)  this->dart[i] = !this->dart[i];  rc = ++this->np;  }  return rc;  };  short permutation::ntx(short i)  {  return this->sset[i];  };  unsigned \_\_int64 permutation::count() const  {  return fact(this->n);  };  //------------------------------------------------------------------------  xcombination::xcombination(short n, short m)  {  this->n = n;  this->m = m;  this->sset = new short[m + 2];  this->reset();  }  void xcombination::reset()  {  this->nc = 0;  for (int i = 0; i < this->m; i++)  this->sset[i] = i;  this->sset[m] = this->n;  this->sset[m + 1] = 0;  };  short xcombination::getfirst()  {  return (this->n >= this->m) ? this->m : -1;  };  short xcombination::getnext()  {  short rc = getfirst();  if (rc > 0)  {  short j;  for (j = 0; this->sset[j] + 1 == this->sset[j + 1]; ++j)  this->sset[j] = j;  if (j >= this->m)  rc = -1;  else  {  this->sset[j]++;  this->nc++;  }  }  return rc;  };  short xcombination::ntx(short i)  {  return this->sset[i];  };  unsigned \_\_int64 xcombination::count() const  {  return (this->n >= this->m) ?  fact(this->n) / (fact(this->n - this->m) \* fact(this->m)) : 0;  };  } |

Листинг 2.11 — файл Combi.cpp

|  |
| --- |
| #include <iostream>  #include <iomanip>  #include "Combi.h"  #define N (sizeof(AA)/2)  #define M 3  int main()  {  setlocale(LC\_ALL, "rus");  char AA[][2] = { "A", "B", "C", "D" };  std::cout << std::endl << " --- Генератор размещений ---";  std::cout << std::endl << "Исходное множество: ";  std::cout << "{ ";  for (int i = 0; i < N; i++)  std::cout << AA[i] << ((i < N - 1) ? ", " : " ");  std::cout << "}";  std::cout << std::endl << "Генерация размещений из " << N << " по " << M;  combi::accomodation s(N, M);  int n = s.getfirst();  while (n >= 0)  {  std::cout << std::endl << std::setw(2) << s.na << ": { ";  for (int i = 0; i < M; i++)  std::cout << AA[s.ntx(i)] << ((i < n - 1) ? ", " : " ");  std::cout << "}";  n = s.getnext();  };  std::cout << std::endl << "всего: " << s.count() << std::endl;  system("pause");  return 0;  } |

Листинг 2.12 — файл Lab\_02\_4.cpp

Результат работы генератора размещений предоставлен на рисунке 2.4.

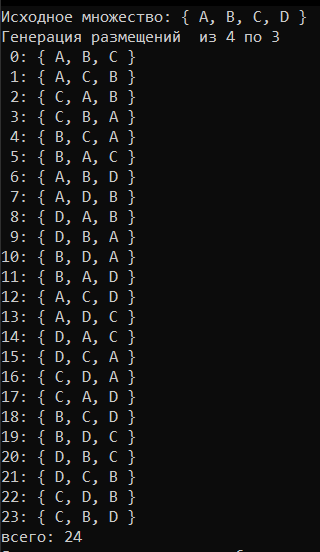


Рисунок 2.4 — результат работы генератора размещений

**Задание 5.**  Решить в соответствии с вариантом задачу и результат занести в отчет (Вариант распределяется по списку):

3, 7, 11, 15) об оптимальной загрузке судна (веса контейнеров сгенерировать случайным образом: ограничение по общему весу – 1500 кг., количество мест на судне для контейнеров – 5, количество контейнеров 25, веса контейнеров 100 – 900 кг., доход от перевозки 10 – 150 у.е.);

Ниже в листингах представлены заголовочные файлы и файлы .cpp с реализацией поставленной задачи.

|  |
| --- |
| #pragma once  #include "Combi.h"  int boat(  int V, // [in] максимальный вес груза  short m, // [in] количество мест для контейнеров  short n, // [in] всего контейнеров  const int v[], // [in] вес каждого контейнера  const int c[], // [in] доход от перевозки каждого контейнера  short r[] // [out] результат: индексы выбранных контейнеров  ); |

Листинг 2.13 — файл Boat.h

|  |
| --- |
| #include "Boat.h"  #include "Combi.h"  namespace boatfnc  {  int calcv(combi::xcombination s, const int v[]) // вес  {  int rc = 0;  for (int i = 0; i < s.m; i++)  rc += v[s.ntx(i)];  return rc;  };  int calcc(combi::xcombination s, const int c[]) // доход  {  int rc = 0;  for (int i = 0; i < s.m; i++)  rc += c[s.ntx(i)];  return rc;  };  void copycomb(short m, short\* r1, const short\* r2) // копировать  {  for (int i = 0; i < m; i++)  r1[i] = r2[i];  };  }  int boat(  int V, // [in] максимальный вес груза  short m, // [in] количество мест для контейнеров  short n, // [in] всего контейнеров  const int v[], // [in] вес каждого контейнера  const int c[], // [in] доход от перевозки каждого контейнера  short r[] // [out] результат: индексы выбранных контейнеров  )  {  combi::xcombination xc(n, m);  int rc = 0, i = xc.getfirst(), cc = 0;  while (i > 0)  {  if (boatfnc::calcv(xc, v) <= V)  if ((cc = boatfnc::calcc(xc, c)) > rc)  {  rc = cc; boatfnc::copycomb(m, r, xc.sset);  }  i = xc.getnext();  };  return rc;  }; |

Листинг 2.14 — файл Boat.cpp

|  |
| --- |
| #include <iostream>  #include <iomanip>  #include "Boat.h"  #define NN (sizeof(v)/sizeof(int))  #define MM 3  int main()  {  setlocale(LC\_ALL, "rus");  int V = 1000,  v[] = { 100, 200, 300, 400, 500, 150 },  c[NN] = { 10, 15, 20, 25, 30, 25 };  short r[MM];  int cc = boat(  V, // [in] максимальный вес груза  MM, // [in] количество мест для контейнеров  NN, // [in] всего контейнеров  v, // [in] вес каждого контейнера  c, // [in] доход от перевозки каждого контейнера  r // [out] результат: индексы выбранных контейнеров  );  std::cout << std::endl << "- Задача о размещении контейнеров на судне";  std::cout << std::endl << "- общее количество контейнеров : " << NN;  std::cout << std::endl << "- количество мест для контейнеров : " << MM;  std::cout << std::endl << "- ограничение по суммарному весу : " << V;  std::cout << std::endl << "- вес контейнеров : ";  for (int i = 0; i < NN; i++)  std::cout << std::setw(3) << v[i] << " ";  std::cout << std::endl << "- доход от перевозки : ";  for (int i = 0; i < NN; i++)  std::cout << std::setw(3) << c[i] << " ";  std::cout << std::endl << "- выбраны контейнеры (0,1,...,m-1): ";  for (int i = 0; i < MM; i++)  std::cout << r[i] << " ";  std::cout << std::endl << "- доход от перевозки : " << cc;  std::cout << std::endl << "- общий вес выбранных контейнеров : ";  int s = 0;  for (int i = 0; i < MM; i++)  s += v[r[i]]; std::cout << s;  std::cout << std::endl << std::endl;  system("pause");  return 0;  } |

Листинг 2.15 — файл Lab\_02\_5.cpp

Решение задачи об оптимальной загрузке судна показан на рисунке 2.5.

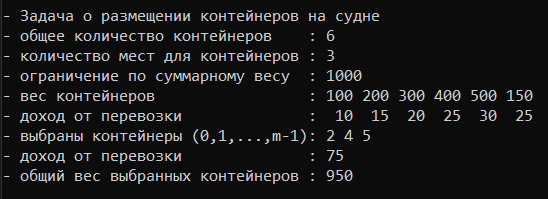


Рисунок 2.5 — решение задачи об оптимальной загрузке судна

**Задание 6.** Исследовать зависимость времени вычисления необходимое для решения задачи (в соответствии с вариантом) от размерности задачи и результат в виде графика с небольшим пояснением занести в отчет:

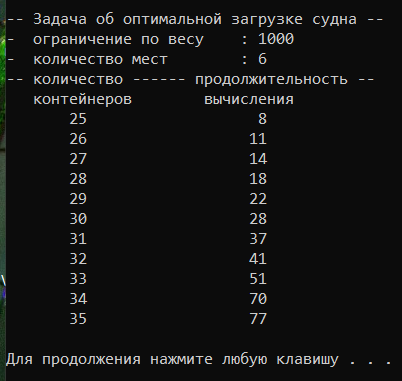
3, 7, 11, 15) об оптимальной загрузке судна (количество мест на судне для контейнеров – 6, количество контейнеров 25 – 35

Зависимость времени вычисления от количества контейнеров вычисляется с помощью кода, показанном в листинге 2.16.

|  |
| --- |
| #include <iostream>  #include <iomanip>  #include "Boat.h"  #include <time.h>  #define NN (sizeof(v)/sizeof(int))  #define MM 6  #define SPACE(n) std::setw(n)<<" "  int wmain()  {  setlocale(LC\_ALL, "rus");  int V = 1000,  v[] = { 250, 560, 670, 400, 200, 270, 370, 330, 330, 440, 530, 120,  200, 270, 370, 330, 330, 440, 700, 120, 550, 540, 420, 170,  600, 700, 120, 550, 540, 420, 430, 140, 300, 370, 310, 120 };  int c[NN] = { 15,26, 27, 43, 16, 26, 42, 22, 34, 12, 33, 30,  42,22, 34, 43, 16, 26, 14, 12, 25, 41, 17, 28,  12,45, 60, 41, 33, 11, 14, 12, 25, 41, 30, 40 };  short r[MM];  int maxcc = 0;  clock\_t t1, t2;  std::cout << std::endl << "-- Задача об оптимальной загрузке судна -- ";  std::cout << std::endl << "- ограничение по весу : " << V;  std::cout << std::endl << "- количество мест : " << MM;  std::cout << std::endl << "-- количество ------ продолжительность -- ";  std::cout << std::endl << " контейнеров вычисления ";  for (int i = 24; i <= NN; i++)  {  t1 = clock();  int maxcc = boat(V, MM, i, v, c, r);  t2 = clock();  std::cout << std::endl << SPACE(7) << std::setw(2) << i  << SPACE(15) << std::setw(5) << (t2 - t1);  }  std::cout << std::endl << std::endl;  system("pause");  return 0;  } |

Листинг 2.16

Результат выполнения кода и график зависимости приведён на рисунке 2.6.



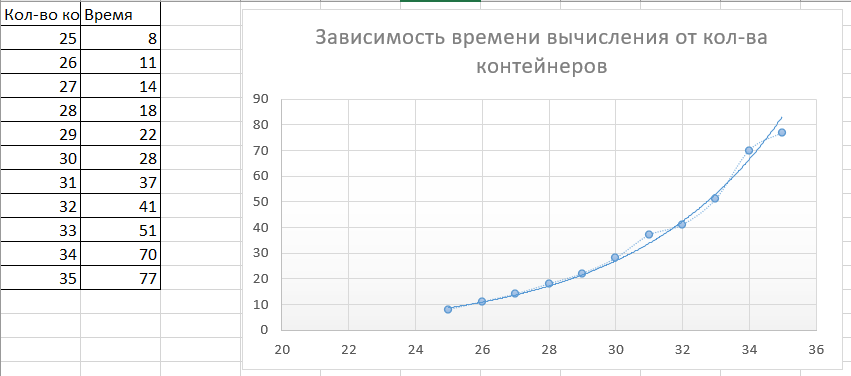


Рисунок 2.6 — Зависимость времени вычисления от кол-ва контейнеров

Вывод: исходя из полученных данных и графика, можно заметить, что скорость выполнения программы плавно возрастает при добавлении количества контейнеров.