

Правительство Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Национальный исследовательский
университет «Высшая школа экономики»

Факультет компьютерных наук
Департамент программной инженерии

Отчет к Микропроекту №2

**«Многопоточное приложение с использованием стандартной
библиотеки C++»**

По дисциплине
«Архитектура вычислительных систем»

Работу выполнил:

Студент группы БПИ-194 Романюк А. С.

Вариант 21

Москва 2020

1. Условие

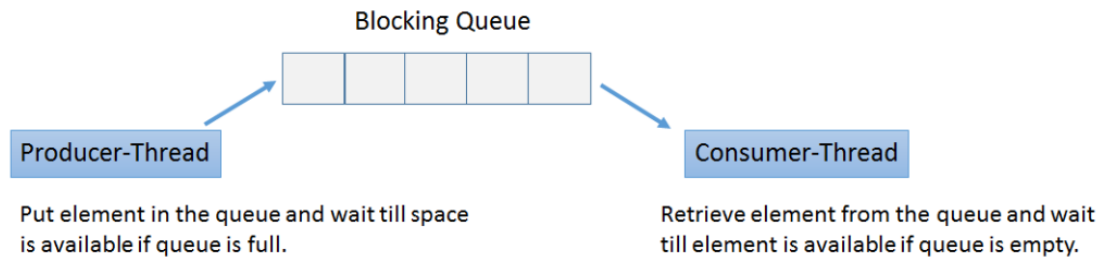
В магазине работают два отдела, каждый отдел обладает уникальным ассортиментом. В каждом отделе работает один продавец. В магазин ходят исключительно забывчивые покупатели, поэтому каждый покупатель носит с собой список товаров, которые желает купить. Покупатель приобретает товары точно в том порядке, в каком они записаны в его списке. Продавец может обслужить только одного покупателя за раз. Покупатель, вставший в очередь, засыпает пока не дойдет до продавца. Продавец засыпает, если в его отделе нет покупателей, и просыпается, если появится хотя бы один. Создать многопоточное приложение, моделирующее работу магазина.

2. Решение

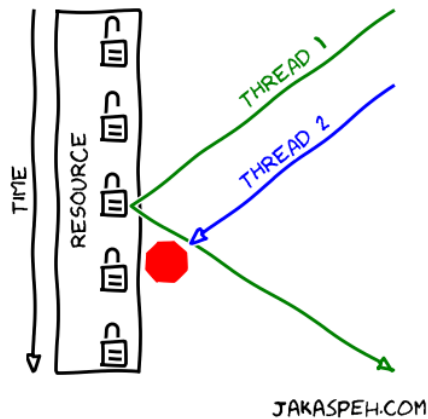
Для реализации программы использовалась стандартная библиотека C++ для работы с потоками. Ниже приведен разбор условия и реализация конкретного пункта в приложении.

1. *«В магазине работают два отдела, каждый отдел обладает уникальным ассортиментом».* В исходном коде программы был реализован класс **Department (Producer)**, который выполняет роль отдела в магазине. В главном потоке у пользователя запрашивается число **“countProducts”** – количество продуктов, распределенных между двумя отделами. Ограничение на пользовательский ввод: **[minProduct, maxProduct]**. Чтобы ассортимент был уникальным: создаётся коллекция из элементов **0..countProducts**, а дальше случайным образом выбирается ровно **(countProducts / 2)** элементов и загружаются в первый отдел магазина, а все остальные – во второй, таким образом, все продукты – уникальны.
2. *«В каждом отделе работает один продавец».* Для каждого отдела выделяем по одному потоку.
3. *«В магазин ходят исключительно забывчивые покупатели, поэтому каждый покупатель носит с собой список товаров, которые желает купить».* Для каждого покупателя, которых ровно **n** штук (задаётся через консольный ввод) случайным образом генерируется его список покупок из **K** товаров, где **K ∈ [customerMin; customerMax]**.
4. *«Покупатель приобретает товары точно в том порядке, в каком они записаны в его списке».* Покупатель в отдельном потоке проходит по всем элементам коллекции списка товаров и делает запросы в нужный отдел и ожидает ответа от продавца нужного отдела, пока тот не ответит, покупатель не пойдёт за другим товаром.

5. «Продавец может обслужить только одного покупателя за раз». Тут использовался стандартный шаблон «Producer – Consumers», реализация которой приходится на очередь. А для того, чтобы обеспечить безопасное получение данных из очереди – использовались мьютексы.



6. «Покупатель, вставивший в очередь, засыпает пока не дойдет до продавца». Для реализации данного пункта использовались мьютексы для текущего покупателя отдела – `std::unique_lock<std::mutex>`.



7. «Продавец засыпает, если в его отделе нет покупателей, и просыпается, если появится хотя бы один». Сам поток продавца устроен как бесконечный цикл, но благодаря переменной `isSleep` и `condition_variable::wait()` мы можем контролировать его засыпание на неопределенное время, пока другой поток его не разбудит. А разбудить его может только покупатель с помощью метода `condition_variable::notify_one()`.

3. Тестирование

```
C:\Users\Andrew\CLionProjects\mp2\cmake-build-debug\mp2.exe
[MainThread]: Введите количество видов товара в двух магазинах: -100
[MainThread]: Что-то мало у вас товаров. Попробуйте ввести больше.
[MainThread]: Введите повторно, пожалуйста: 5000
[MainThread]: Не-не, тут Вы переборщили. Максимум можно ввести: 500
[MainThread]: Введите повторно, пожалуйста: 0
[MainThread]: Что-то мало у вас товаров. Попробуйте ввести больше.
[MainThread]: Введите повторно, пожалуйста: 40
[Shop]: Отдел А имеет следующий ассортимент товара:  2 22 29 10 20 12 26 28 24 7 8 23 19 11 5 32 36 13 18 38
[Shop]: Отдел В имеет следующий ассортимент товара:  1 3 4 6 9 14 15 16 17 21 25 27 30 31 33 34 35 37 39 40
[MainThread]: Количество покупателей:
```

Рисунок 1 – Результат обработки некорректного ввода и работы с пользовательским вводом.

```
C:\Users\Andrew\CLionProjects\mp2\cmake-build-debug\mp2.exe
[MainThread]: Введите повторно, пожалуйста: 5000
[MainThread]: Не-не, тут Вы переборщили. Максимум можно ввести: 500
[MainThread]: Введите повторно, пожалуйста: 0
[MainThread]: Что-то мало у вас товаров. Попробуйте ввести больше.
[MainThread]: Введите повторно, пожалуйста: 40
[Shop]: Отдел А имеет следующий ассортимент товара:  2 22 29 10 20 12 26 28 24 7 8 23 19 11 5 32 36 13 18 38
[Shop]: Отдел В имеет следующий ассортимент товара:  1 3 4 6 9 14 15 16 17 21 25 27 30 31 33 34 35 37 39 40
[MainThread]: Количество покупателей: 3
[MainThread]: Покупатель #1 зашёл в магазин.
[Customer]: Покупатель #1 со списком покупок: 22 33 12 22 21 36 38 15 7
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел А за товаром 22
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел В за товаром 33
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел А за товаром 12
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел А за товаром 22
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел В за товаром 21
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел А за товаром 36
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел А за товаром 38
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел В за товаром 15
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел А за товаром 7
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #22
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #33
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #12
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #22
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #21
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #36
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #38
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #15
[MainThread]: Покупатель #2 зашёл в магазин.
[Customer]: Покупатель #2 со списком покупок: 18 29 32 27 19 35
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел А за товаром 18
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел А за товаром 29
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел А за товаром 32
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел В за товаром 27
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел А за товаром 19
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел В за товаром 35
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 2
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #7
[Customer]: Покупатель 1 полностью скупился и уходит.
[Customer]: Покупатель 2 получил товар #18
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 2
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 2
[Customer]: Покупатель 2 получил товар #29
[Customer]: Покупатель 2 получил товар #32
[MainThread]: Покупатель #3 зашёл в магазин.
[Customer]: Покупатель #3 со списком покупок: 11 2 13 33 24 21 31 13
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел А за товаром 11
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел А за товаром 2
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел В за товаром 13
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел В за товаром 33
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел А за товаром 24
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел В за товаром 21
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел В за товаром 31
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел А за товаром 13
```

Рисунок 2 – Процесс работы приложения.

```
C:\Users\Andrew\CLionProjects\mp2\cmake-build-debug\mp2.exe
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #12
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #22
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #21
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #36
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #38
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #15
[MainThread]: Покупатель #2 зашёл в магазин.
[Customer]: Покупатель #2 со списком покупок: 18 29 32 27 19 35
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел А за товаром 18
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел А за товаром 29
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел А за товаром 32
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел В за товаром 27
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел А за товаром 19
[Customer]: Покупатель 2 стал в очередь в отдел В за товаром 35
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 2
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #7
[Customer]: Покупатель 1 полностью скупился и уходит.
[Customer]: Покупатель 2 получил товар #18
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 2
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 2
[Customer]: Покупатель 2 получил товар #29
[Customer]: Покупатель 2 получил товар #32
[MainThread]: Покупатель #3 зашёл в магазин.
[Customer]: Покупатель #3 со списком покупок: 11 2 13 33 24 21 31 13
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел А за товаром 11
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел А за товаром 2
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел А за товаром 13
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел В за товаром 33
[Customer]: Покупатель 3 стал в очередь в отдел А за товаром 24
[Customer]: Покупатель 3 стал в очереди в отдел В за товаром 21
[Customer]: Покупатель 3 стал в очереди в отдел В за товаром 31
[Customer]: Покупатель 3 стал в очереди в отдел А за товаром 13
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 2
[Customer]: Покупатель 2 получил товар #27
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 3
[Customer]: Покупатель 3 получил товар #11
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 2
[Customer]: Покупатель 2 получил товар #19
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 3
[Customer]: Покупатель 3 получил товар #2
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 2
[Customer]: Покупатель 2 получил товар #35
[Customer]: Покупатель 2 полностью скупился и уходит.
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 3
[Customer]: Покупатель 3 получил товар #13
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 3
[Customer]: Покупатель 3 получил товар #33
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 3
[Customer]: Покупатель 3 получил товар #24
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 3
[Customer]: Покупатель 3 получил товар #21
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 3
[Customer]: Покупатель 3 получил товар #31
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 3
[Customer]: Покупатель 3 получил товар #13
[Customer]: Покупатель 3 полностью скупился и уходит.
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
```

Рисунок 3 – Продолжение работы приложения и её завершение.

```
C:\Users\Andrew\CLionProjects\mp2\cmake-build-debug\mp2.exe
[MainThread]: Введите количество видов товара в двух магазинах: 1000
[MainThread]: Не-и, тут Вы переборщили. Максимум можно ввести: 500
[MainThread]: Введите количество покупок: 500
[Shop]: Отдел А имеет следующий ассортимент товаров: 42 5 361 162 325 385 119 276 483 415 321 278 354 274 246 8 95 365 10 152 240 244 83 163 389 36 381 287 393 122 297 165 283 357 7 418 159 407 442 229 199 444 194 187 382 125 176 15 255
113 391 288 459 149 468 453 326 490 139 384 497 400 331 384 398 101 419 321 294 268 417 238 62 378 99 58 105 259 405 211 368 63 307 431 44 261 499 434 409 6 160 153 178 411 316 87 452 80 22 124 43 491 328 350 168 70 233 438 399 127 441 4
51 196 138 118 69 363 329 373 171 59 33 116 219 227 25 118 376 424 243 466 57 70 97 81 295 232 88 372 288 474 114 265 45 490 50 493 320 486 408 181 242 23 279 221 275 310 12 433 429 106 377 368 473 60 182 388 72 427 284 94 359 291 347 51
461 286 412 40 143 445 422 86 156 380 343 487 53 52 251 16 107 17 130 105 472 38 421 270 384 346 236 269 379 298 396 100 348 39 75 230 49 155 113 210 373 136 200 485 26 4 344 225 166 494 319 67 134 336 29 408 404 56 455 161 247 273 414
88 68 126 189 256 287 48 150 9 243 13 43 40
[Shop]: Отдел В имеет следующий ассортимент товаров: 1 2 3 11 14 18 19 21 24 27 28 30 31 32 34 35 37 41 46 47 54 55 61 64 65 66 71 73 74 76 77 78 79 82 84 85 89 90 91 92 93 96 98 102 103 108 109 110 111 112 115 117 120 121 123 129 131 13
2 133 135 137 141 142 144 145 146 147 148 149 151 154 157 158 164 167 169 170 172 174 175 177 179 180 183 184 185 186 188 190 191 192 193 197 198 201 202 203 204 209 212 213 214 215 216 217 219 220 222 223 224 226 228 231 234 235 237 239
245 248 249 250 252 253 254 257 271 272 277 280 281 282 285 286 289 290 292 293 295 296 299 301 302 303 305 306 311 312 314 315 317 318 322 324 327 332 333 334 335 337 338 339 340 341 342 345 349 351 352 353
355 356 358 362 364 366 367 369 370 371 374 375 383 386 387 388 389 390 392 394 395 397 398 400 401 402 410 411 416 420 423 425 426 428 430 432 435 436 437 439 443 446 447 448 449 450 454 456 457 458 462 463 464 465 467 469 470 471 475 4
76 477 478 479 481 482 483 484 486 488 489 492 495 498 500
[MainThread]: Количество покупок: 1
[MainThread]: Покупатель #1 зашёл в магазин.
[Customer]: Покупатель #1 со списком покупок: 272 55 328 146 362 386 375 433 369
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел В за товаром 272
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел В за товаром 55
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел А за товаром 348
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел В за товаром 146
[Customer]: Покупатель 1 стал в очередь в отдел В за товаром 362
[Customer]: Покупатель 1 стал в очереди в отдел В за товаром 386
[Customer]: Покупатель 1 стал в очереди в отдел В за товаром 375
[Customer]: Покупатель 1 стал в очереди в отдел А за товаром 433
[Customer]: Покупатель 1 стал в очереди в отдел В за товаром 369
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #272
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #55
[Shop]: Продавец отдела А отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #328
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #146
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #362
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #386
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #375
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #433
[Shop]: Продавец отдела В отдаёт товар покупателю 1
[Customer]: Покупатель 1 получил товар #369
[Customer]: Покупатель 1 полностью скупился и уходит.
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
```

Рисунок 4 – Результат выполнения приложения.

```
C:\Users\Andrew\CLionProjects\mp2\cmake-build-debug\mp2.exe
[MainThread]: Введите количество видов товара в двух магазинах: 500
[Shop]: Отдел А имеет следующий ассортимент товаров: 42 5 361 162 325 385 119 276 483 415 321 278 354 274 246 8 95 365 10 152 240 244 83 163 389 36 381 287 393 122 297 165 283 357 7 418 159 407 442 229 199 444 194 187 382 125 176 15 255
113 391 288 459 149 468 453 326 490 139 384 497 400 331 384 398 101 419 321 294 268 417 238 62 378 99 58 105 259 405 211 368 63 307 431 44 261 499 434 409 6 160 153 178 411 316 87 452 80 22 124 43 491 328 350 168 70 233 438 399 127 441 4
51 196 138 118 69 363 329 373 171 59 33 116 219 227 25 118 376 424 243 466 57 70 97 81 295 232 88 372 288 474 114 265 45 490 50 493 320 486 408 181 242 23 279 221 275 310 12 433 429 106 377 368 473 60 182 388 72 427 284 94 359 291 347 51
461 286 412 40 143 445 422 86 156 380 343 487 53 52 251 16 107 17 130 105 472 38 421 270 384 346 236 269 379 298 396 100 348 39 75 230 49 155 113 210 373 136 200 485 26 4 344 225 166 494 319 67 134 336 29 408 404 56 455 161 247 273 414
88 68 126 189 256 287 48 150 9 243 13 43 40
[Shop]: Отдел В имеет следующий ассортимент товаров: 1 2 3 11 14 18 19 21 24 27 28 30 31 32 34 35 37 41 46 47 54 55 61 64 65 66 71 73 74 76 77 78 79 82 84 85 89 90 91 92 93 96 98 102 103 108 109 110 111 112 115 117 120 121 123 129 131 13
2 133 135 137 141 142 144 145 146 147 148 149 151 154 157 158 164 167 169 170 172 174 175 177 179 180 183 184 185 186 188 190 191 192 193 197 198 201 202 203 204 209 212 213 214 215 216 217 219 220 222 223 224 226 228 231 234 235 237 239
245 248 249 250 252 253 254 257 271 272 277 280 281 282 285 286 289 290 292 293 295 296 299 301 302 303 305 306 311 312 314 315 317 318 322 324 327 332 333 334 335 337 338 339 340 341 342 345 349 351 352 353
355 356 358 362 364 366 367 369 370 371 374 375 383 386 387 388 389 390 392 394 395 397 398 400 401 402 410 411 416 420 423 425 426 428 430 432 435 436 437 439 443 446 447 448 449 450 454 456 457 458 462 463 464 465 467 469 470 471 475 4
76 477 478 479 481 482 483 484 486 488 489 492 495 498 500
[MainThread]: Количество покупок: 0
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
```

Рисунок 5 – Результат ввода 0.

Список используемых источников

1. Cppreference (2020) «Документация по C++: std::condition_variable::wait» (https://en.cppreference.com/w/cpp/thread/condition_variable/wait). Просмотрено 03.12.2020
2. Cppreference (2020) «Документация по C++: std::mutex» (<https://ru.cppreference.com/w/cpp/thread/mutex>). Просмотрено 03.12.2020
3. Docs Microsoft (2020) «Creating Threads» (<https://docs.microsoft.com/en-us/windows/win32/procthread/creating-threads>). Просмотрено 03.12.2020
4. Habr (2020) «Потоки, блокировки и условные переменные в C++11» (<https://habr.com/ru/post/182626/>). Просмотрено 03.12.2020
5. Intel (2011) «Шаблон проектирования Producer-Consumer» (<https://software.intel.com/content/www/ru/ru/develop/articles/producer-consumer.html>). Просмотрено 03.12.2020
6. Wikipedia (2014) «Producer–consumer problem» (https://en.wikipedia.org/wiki/Producer%E2%80%93consumer_problem). Просмотрено 03.12.2020
7. Легалов А.И.(2020) «Архитектура параллельных вычислительных систем. Многопоточность » (<http://softcraft.ru/edu/comparch/lect/07-parthread/>) Просмотрено 03.12.2020
8. Легалов А.И.(2020) «Многопоточность. Простая многопоточная программа. Основные функции» (<http://softcraft.ru/edu/comparch/practice/thread/01-simple/>). Просмотрено 03.12.2020
9. Легалов А.И.(2020) «Многопоточность. Синхронизация потоков. Методы синхронизации» (<http://softcraft.ru/edu/comparch/practice/thread/02-sync/>). Просмотрено 03.12.2020