

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»**

**Отчет**

по лабораторной работе «Управление памятью в ОС Linux»  
по дисциплине «Операционные системы»

Автор: Шелудченко Анна Демьяновна

Факультет: ИТИП

Группа: М3203

Преподаватель: Титова Анастасия Витальевна



**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург 2020

**Задачи работы:** проведите два виртуальных эксперимента в соответствии с требованиями и проанализируйте их результаты. Рекомендуется написать «следящие» скрипты и собирать данные, например, из вывода утилиты **top** автоматически с заданной периодичностью, например, 1 раз в секунду. Можно проводить эксперименты и фиксировать требуемые параметры и в ручном режиме, но в этом случае рекомендуется замедлить эксперимент, например, уменьшив размер добавляемой к массиву последовательности с 10 до 5 элементов.

### Ход работы:

*Данные о текущей конфигурации операционной системы в аспекте управления памятью:*

Общий объем оперативной памяти MemTotal: 1870900 kB

Объем раздела подкачки SwapTotal: 839676 kB

Размер страницы виртуальной памяти PAGE\_SIZE: 4096 byte

Объем свободной физической памяти в ненагруженной системе MemFree: 1414512 kB

Объем свободного пространства в разделе подкачки в ненагруженной системе

SwapFree: 839676 kB

### Эксперимент №1

*Подготовительный этап:*

Скрипт mem.bash

```
GNU nano 2.9.8 mem.bash Modified
#!/bin/bash
> report.log
declare -a array
declare -i x=0
while true;
do
array+=(1 2 3 4 5 6 7 8 9 10)
let "c = x % 100000"
if [[ $c -eq 0 && $x -gt 10 ]]; then
echo ${array[0]} >> report.log
fi
x=$(( x + 1 ))
done
```

*Первый этап (работа одного скрипта):*

Последняя запись журнала:

```
[24215.665692] Out of memory: Killed process 9228 (mem.bash) total-vm:2663960kB, anon-rss:1688212kB,
file-rss:4kB, shmem-rss:0kB, UID:0
[24215.871501] oom_reaper: reaped process 9228 (mem.bash), now anon-rss:0kB, file-rss:0kB, shmem-rss
:0kB
Killed
```

Последняя строка файла report.log:

```
31000010
[root@localhost lab5]# _
```

Следящий скрипт autoTest.sh:

```
GNU nano 2.9.8 autoTest.sh

#!/bin/bash
> firstReport.txt
> firstMem.txt
> firstSwap.txt

while true; do
checking=$(top -b -n 1 | grep "mem.bash")
status=$(echo $checking | awk '{if ($8 == "R") print $0}')

if [[ -n "$checking" && -n "$status" ]]; then
curDate=$(date +%X')
echo "Date: $curDate" >> firstReport.txt
echo "Info about memory:" >> firstReport.txt
data=$(top -b -n 1 | head -n 5 | tail -n 2)
echo $data >> firstReport.txt #get the 4-th and 5-th strings in top
echo "$data" | head -n 1 | awk '{print $6}' >> firstMem.txt
echo "$data" | tail -n 1 | awk '{print $5}' >> firstSwap.txt
echo "Info about process mem.bash" >> firstReport.txt
echo "$checking" >> firstReport.txt
echo "Leader processes" >> firstReport.txt
top -b -n 1 | head -n 12 | tail -n 5 >> firstReport.txt
echo -e "\n" >> firstReport.txt
else
exit
fi
sleep 1
done
```

Часть файла-отчета firstReport.txt:

```
Date: 10:34:42 PM
Info about memory:
MiB Mem : 1827.1 total, 1498.9 free, 260.0 used, 68.1 buff/cache
MiB Swap: 820.0 total, 734.4 free, 85.6 used. 1459.6 avail Mem
Info about process mem.bash
8738 root 20 0 376400 156844 2928 R 88.2 8.4 0:02.29 mem.bash
Leader processes
8738 root 20 0 403064 183772 2928 R 88.2 9.8 0:02.69 mem.bash
1 root 20 0 179200 308 0 S 0.0 0.0 0:02.64 systemd
2 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd
3 root 0 -20 0 0 0 I 0.0 0.0 0:00.00 rcu_gp
4 root 0 -20 0 0 0 I 0.0 0.0 0:00.00 rcu_par_gp

Date: 10:34:43 PM
Info about memory:
MiB Mem : 1827.1 total, 1394.2 free, 364.6 used, 68.2 buff/cache
MiB Swap: 820.0 total, 734.4 free, 85.6 used. 1355.0 avail Mem
Info about process mem.bash
8738 root 20 0 484904 265348 2928 R 88.9 14.2 0:03.92 mem.bash
Leader processes
8738 root 20 0 508796 289372 2928 R 99.9 15.5 0:04.28 mem.bash
1 root 20 0 179200 308 0 S 0.0 0.0 0:02.64 systemd
2 root 20 0 0 0 0 S 0.0 0.0 0:00.00 kthreadd
3 root 0 -20 0 0 0 I 0.0 0.0 0:00.00 rcu_gp
4 root 0 -20 0 0 0 I 0.0 0.0 0:00.00 rcu_par_gp
```

Последние две записи в системном журнале (dmesg | grep "mem.bash"):

```
[21883.072585] [ 8399]      0 8399 663944 420741 4952064 187630      0 mem.bash
[21883.074282] Out of memory: Killed process 8399 (mem.bash) total-vm:2655776kB, anon-rss:1682964kB,
file-rss:0kB, shmem-rss:0kB, UID:0
[21883.159616] oom_reaper: reaped process 8399 (mem.bash), now anon-rss:0kB, file-rss:0kB, shmem-rss:0kB
[22248.784040] [ 8738]      0 8738 663845 420454 4943872 187834      0 mem.bash
[22248.786469] Out of memory: Killed process 8738 (mem.bash) total-vm:2655380kB, anon-rss:1681816kB,
file-rss:0kB, shmem-rss:0kB, UID:0
[22249.039853] oom_reaper: reaped process 8738 (mem.bash), now anon-rss:0kB, file-rss:0kB, shmem-rss:0kB
```

Последняя строка в report.log:

```
31000010
[root@localhost lab5]# _
```

Второй этап (работа нескольких экземпляров созданного скрипта):

Скрипт для запуска в фоновом режиме runMems.sh:

```
GNU nano 2.9.8 runMems.sh

#!/bin/bash
./mem.bash &
./mem2.bash &
```

Следящий скрипт autoTest2.sh:

```
GNU nano 2.9.8 autoTest2.sh

#!/bin/bash
> secondReport.txt
> secondMem.txt
> secondSwap.txt

while true; do
checking=$(top -b -n 1 | grep "mem[2]*.bash")
status=$(echo $checking | awk '{if ($8 == "R") print $0}')

if [[ -n "$checking" && -n "$status" ]]; then
curDate=$(date +%X)
echo "Date: $curDate" >> secondReport.txt
echo "Info about memory:" >> secondReport.txt
data=$(top -b -n 1 | head -n 5 | tail -n 2)
echo $data >> secondReport.txt #get the 4-th and 5-th strings in top
echo "$data" | head -n 1 | awk '{print $6}' >> secondMem.txt
echo "$data" | tail -n 1 | awk '{print $5}' >> secondSwap.txt
echo "Info about process mem.bash" >> secondReport.txt
echo "$checking" >> secondReport.txt
echo "Leader processes" >> secondReport.txt
top -b -n 1 | head -n 12 | tail -n 5 >> secondReport.txt
echo -e "\n" >> secondReport.txt
else
exit
fi
sleep 1
done
```

Часть файла-отчета secondReport.txt:

```
Date: 11:45:45 PM
Info about memory:
MiB Mem : 1827.1 total, 1379.7 free, 389.5 used, 137.9 buff/cache
MiB Swap: 820.0 total, 743.8 free, 76.2 used. 1375.9 avail Mem
Ingo about process mem.bash
 9338 root    20  0 320564 101128 2908 R 47.1 5.4 0:02.35 mem.bash
 9339 root    20  0 320960 101396 2924 R 41.2 5.4 0:02.34 mem2.bash
Leader processes
 9338 root    20  0 329936 110368 2908 R 50.0 5.9 0:02.56 mem.bash
 9339 root    20  0 329804 110372 2924 R 43.8 5.9 0:02.55 mem2.bash
   1 root    20  0 179200  7316 4744 S  0.0 0.4 0:05.04 systemd
   2 root    20  0 0 0 0 S  0.0 0.0 0:00.00 kthreadd
   3 root     0 -20 0 0 0 I  0.0 0.0 0:00.00 rcu_gp

Date: 11:45:47 PM
Info about memory:
MiB Mem : 1827.1 total, 1312.4 free, 376.8 used, 137.9 buff/cache
MiB Swap: 820.0 total, 743.8 free, 76.2 used. 1308.5 avail Mem
Ingo about process mem.bash
 9338 root    20  0 355676 136240 2908 R 47.1 7.3 0:03.16 mem.bash
 9339 root    20  0 355676 136244 2924 R 47.1 7.3 0:03.16 mem2.bash
Leader processes
 9339 root    20  0 364124 144692 2924 R 42.1 7.7 0:03.38 mem2.bash
 9338 root    20  0 363992 144424 2908 R 36.8 7.7 0:03.37 mem.bash
   1 root    20  0 179200  7316 4744 S  0.0 0.4 0:05.04 systemd
   2 root    20  0 0 0 0 S  0.0 0.0 0:00.00 kthreadd
   3 root     0 -20 0 0 0 I  0.0 0.0 0:00.00 rcu_gp
```

Последние две записи в системном журнале (dmesg | grep "mem[2]\*.bash"):

```
[26545.799922] [ 9338] 0 9338 362522 215414 2539520 91543 0 mem.bash
[26545.800379] [ 9339] 0 9339 357638 205259 2498560 96810 0 mem2.bash
[26545.803030] Out of memory: Killed process 9338 (mem.bash) total-vm:1450088kB, anon-rss:861656kB,
file-rss:0kB, shmem-rss:0kB, UID:0
[26546.116951] oom_reaper: reaped process 9338 (mem.bash), now anon-rss:0kB, file-rss:0kB, shmem-rss:0kB
[26588.669053] [ 9339] 0 9339 663185 419186 4943872 188440 0 mem2.bash
[26588.671701] Out of memory: Killed process 9339 (mem2.bash) total-vm:2652740kB, anon-rss:1676744kB,
file-rss:0kB, shmem-rss:0kB, UID:0
[26589.143031] oom_reaper: reaped process 9339 (mem2.bash), now anon-rss:0kB, file-rss:0kB, shmem-rs
s:0kB
[root@localhost lab5]#
```

Последняя строка в report.log:

```
15000010
[root@localhost lab5]#
```

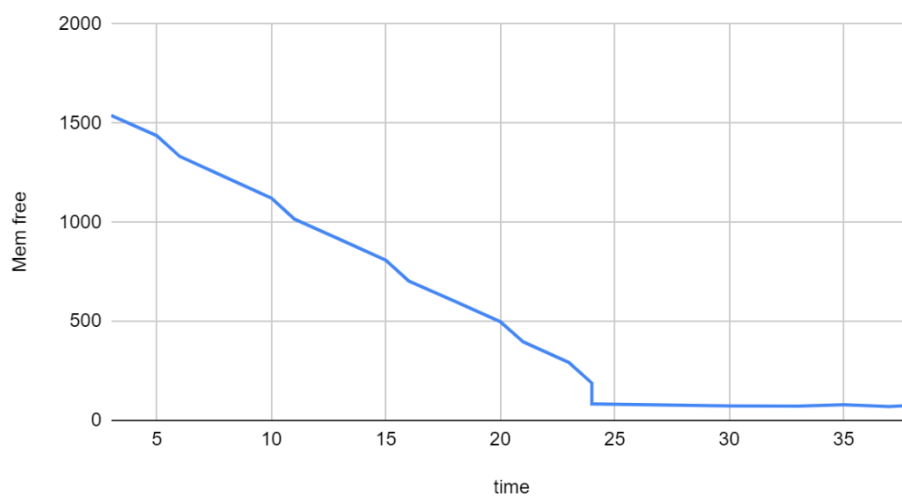
Последняя строка в report2.log:

```
31000010
[root@localhost lab5]#
```

Обработка результатов:

График изменения величин на 1 этапе:

Mem free относительно параметра "time"



Swap free относительно параметра "time"

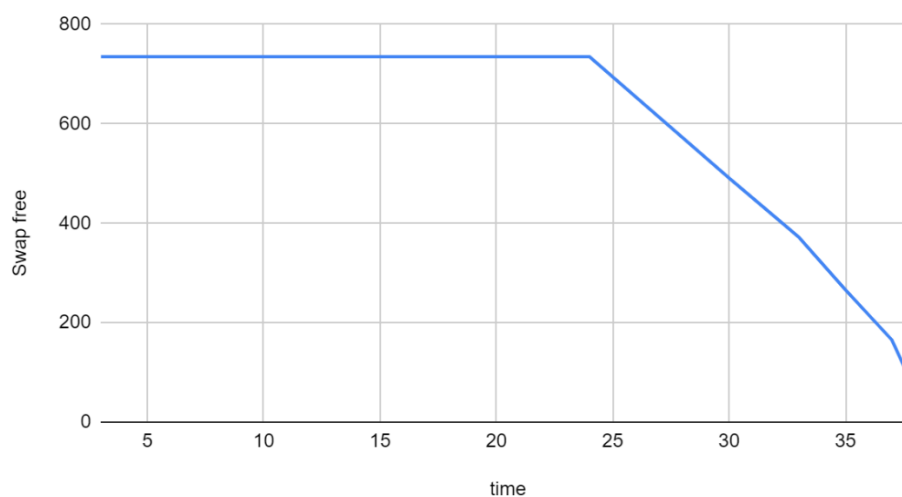
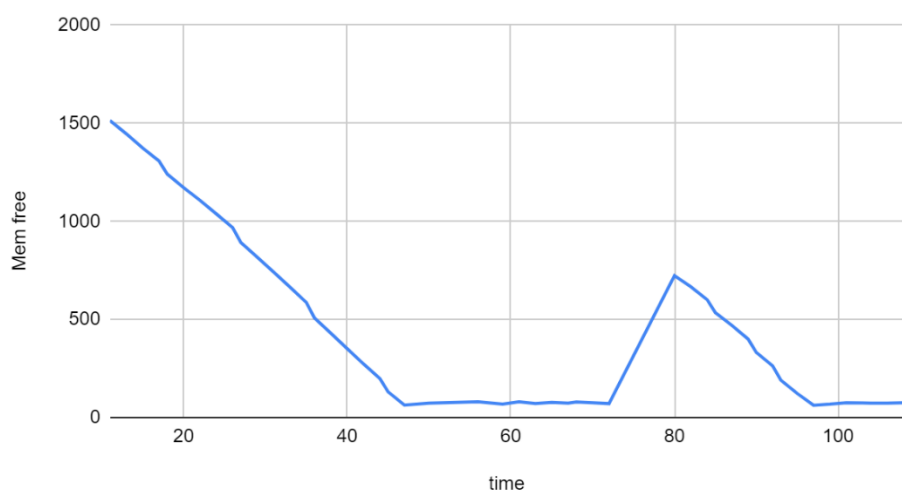
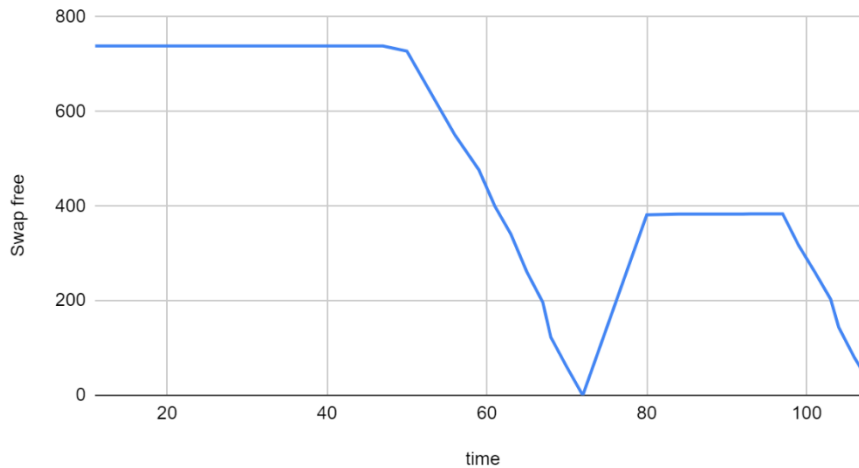


График изменения величин на 2 этапе:

Mem free относительно параметра "time"



Swap free относительно параметра "time"



В начале выполнения программы процесс занимает только физическую память (наблюдается уменьшение величины Memory free и постоянство Swap free – раздел подкачки не участвует). Как только заканчивается место в физической памяти, начинает использоваться раздел подкачки (наблюдается уменьшение размера Swap free с 30-й секунды). Когда заканчивается свободное место и в разделе подкачки происходит аварийное завершение программы.

Остановка программы происходит, когда размер массива становится равным 31 000 010.

На втором этапе, как только заканчивается свободное пространство в Swap free, происходит аварийное завершение первого запущенного процесса mem.bash.

Освободившееся место занимает процесс mem2.bash, и затем, как и на первом этапе, также происходит аварийное завершение программы.

## Эксперимент №2

*Подготовительный этап:*

Скрипт newmem.bash:

```
GNU nano 2.9.8 newmem.bash
#!/bin/bash
declare -a array
declare -i x=0
while true;
do
array+=(1 2 3 4 5 6 7 8 9 10)
if [[ ${#array[@]} -gt $1 ]]; then
exit
fi
x=$(( x + 1 ))
done
```

Основной этап:

Скрипт runNewmem.sh (запуск newmem.bash с параметрами: 1) N – максимальный размер массива, 2) K – количество запусков):

```
GNU nano 2.9.8 runNewmem.sh
#!/bin/bash
for (( i=0; i < $2; i++ )) # $1 - N, $2 - K
do
  ./newmem.bash $1 &
  sleep 1s
done
```

При значении N в 10 раз меньшем, чем критическое (3100001) и при K=10, ни один из процессов не завершается аварийно:

```
[root@localhost lab5]# ./runNewmem.sh 3100001 10
[root@localhost lab5]# _
```

Часть записей в системном журнале при значении N в 10 раз меньшем, чем критическое (3100001) и при K=30 (17 процессов завершены аварийно):

```
[13589.927507] newmem.bash invoked oom-killer: gfp_mask=0x6280ca(GFP_HIGHUSER_MOVABLE|__GFP_ZERO), n
odemask=(null), order=0, oom_score_adj=0
[13589.928270] newmem.bash cpuset=/ mems_allowed=0
[13589.928656] CPU: 0 PID: 2924 Comm: newmem.bash Kdump: loaded Tainted: G
r- - 4.18.0-193.el8.x86_64 #1
[13589.977216] [ 2920] 0 2920 114362 37357 544768 21500 0 newmem.bash
[13589.977551] [ 2922] 0 2922 112580 34861 532480 22256 0 newmem.bash
[13589.977867] [ 2924] 0 2924 112250 36276 528384 20528 0 newmem.bash
[13589.978225] [ 2926] 0 2926 104198 32567 471040 16164 0 newmem.bash
[13589.978816] [ 2928] 0 2928 108752 37054 503808 16115 0 newmem.bash
[13589.979203] [ 2930] 0 2930 107762 36162 491520 16139 0 newmem.bash
[13589.979515] [ 2932] 0 2932 105551 35540 483328 14444 0 newmem.bash
[13589.979807] [ 2934] 0 2934 103736 34890 462848 13249 0 newmem.bash
[13589.980145] [ 2936] 0 2936 102944 35314 466944 12156 0 newmem.bash
[13589.980527] [ 2938] 0 2938 101393 32898 442368 13001 0 newmem.bash
[13589.980869] [ 2940] 0 2940 103439 36186 458752 11780 0 newmem.bash
[13589.981236] [ 2942] 0 2942 98555 33045 417792 9904 0 newmem.bash
[13589.981591] Out of memory: Killed process 2920 (newmem.bash) total-vm:457448kB, anon-rss:148940kB
, file-rss:488kB, shmem-rss:0kB, UID:0
[13590.014759] oom_reaper: reaped process 2920 (newmem.bash), now anon-rss:0kB, file-rss:0kB, shmem-
rss:0kB
```

Обработка результатов:

Из-за многочисленных запусков newmem.bash происходит заполнение всех свободных мест в физической памяти, часть страниц начинает стгужаться в раздел подкачки. При необходимости обращения к ним, страницы вновь выгружаются в RAM. Однако, процесс свопинга заметно снижает производительность, так как прерывает процесс на время перемещения между разделом подкачки и физической памятью. Из-за этого часть процессов аварийно останавливается.

При снижении до N = 2 100 000, K = 30 запусков успешно завершаются, так же, как и при N = 2 200 000, ... , 2 700 000. При значении в N = 2 800 000 происходит аварийное завершение части программ. Таким образом, максимальное значение N  $\approx$  2 700 000.



**Ссылки:**

- 1) Репозиторий с файлами:  
<https://github.com/castlesofplacebo/operating-systems/tree/main/lab5>
- 2) Таблицы для построения графиков в эксперименте 1:  
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/14wP80whdFmvgBz1BvMgdOlpbRLGENJpXsPL2NenhHbA/edit?usp=sharing>