РАЗДЕЛ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

Компьютерный практикум №1. Принципы моделирования организации работы аварийно-диспетчерской службы как системы массового обслуживания

Цель работы: освоить принципы моделирования организации работы аварийно-диспетчерской службы как системы массового обслуживания.

Краткое описание ПО: для выполнения работы потребуется программная среда GPSS World студенческая версия.

Теоретические основы:

Системы массового обслуживания (СМО) могут быть открытыми и замкнутыми; одноканальными и многоканальными (n-канальными); с очередью и без очереди на обслуживание требований; с ограниченной и неограниченной очередью.

В открытых системах число поступающих требований не зависит от того, сколько их уже находится в системе (заявки приходят извне и интенсивность потока отказов не зависит от состояния самой СМО). В замкнутых системах число поступающих требований строго зависит от количества обслуживаемых объектов (интенсивность потока поступающих отказов зависит от состояния самой СМО). В одноканальной системе работает только 1 обслуживающий канал (один человек, одна бригада, одна фирма), т.е. единица, выполняющая строго определенную задачу. В многоканальной (n-канальной) системе обслуживанием занимается несколько (n) каналов. В системе без очереди в случае ее занятости поступающие требования получают отказ и покидают ее не обслуженными и в дальнейшем процессе обслуживания не участвуют. В системе с ограниченной очередью количество заявок в очереди имеет временное или пространственное ограничение. Заявка, поступающая в момент,

когда все каналы заняты, становится в очередь и ожидает, пока не освободится один из каналов. Как только освободится канал, принимается к обслуживанию одна из заявок, стоящих в очереди. На пребывание заявки в очереди накладываются те или иные ограничения. Они могут касаться длины очереди (числа заявок, находящихся в очереди), времени пребывания заявки в очереди (по истечении которого заявка покидает очередь и уходит), общего времени пребывания заявки в СМО и т.д.

В системе с неограниченной очередью все требования рано или поздно будут обслужены. Заявка встает в очередь и ожидает освобождения канала, который примет ее к обслуживанию.

Очередь требований может быть упорядоченная (заявки обслуживаются в порядке поступления) и неупорядоченная (заявки обслуживаются в случайном порядке), с приоритетами (некоторые заявки обслуживаются в первую очередь, предпочтительно перед другими) и без приоритетов.

Кроме того, системы могут различаться по взаимосвязи между обслуживающими каналами: либо каналы работают независимо, либо необходимо описание взаимодействия каналов между собой.

Любая эксплуатационная служба характеризуется пропускной способностью, которая определяется числом каналов обслуживания и продолжительностью обслуживания одной заявки.

В зависимости от типа СМО при оценке ее эффективности могут применяться различные показатели.

Для СМО без очереди (с отказами) важнейшей характеристикой ее продуктивности является абсолютная пропускная способность (A) – среднее число заявок, которое может обслужить система за единицу времени.

Относительная пропускная способность (q) – средняя доля поступивших заявок, обслуживаемая системой (отношение среднего числа заявок, обслуживаемых системой в единицу времени, к среднему числу поступивших заявок за это время).

Помимо пропускной способности при анализе работы СМО с отказами могут интересовать и другие характеристики, например, среднее число занятых каналов $n_{ср}$; среднее относительное время простоя системы в целом или отдельного канала $Z_{пр}$.

Для СМО с неограниченным ожиданием пропускная способность теряет смысл, т.к. каждая заявка рано или поздно будет обслужена. Зато весьма важными характеристиками являются:

– среднее число заявок в системе (в очереди и в обслуживании) – $k_{оч}$; $k_{сист}$

– среднее время пребывания заявки в системе (в очереди и в обслуживании) – $Z_{оч}$; $Z_{сист}$

Для СМО с ограниченным ожиданием интерес представляют все группы характеристик: пропускная способность и характеристики ожидания.

Самая простая система массового обслуживания имеет структуру, приведенную на рисунке 1.1.

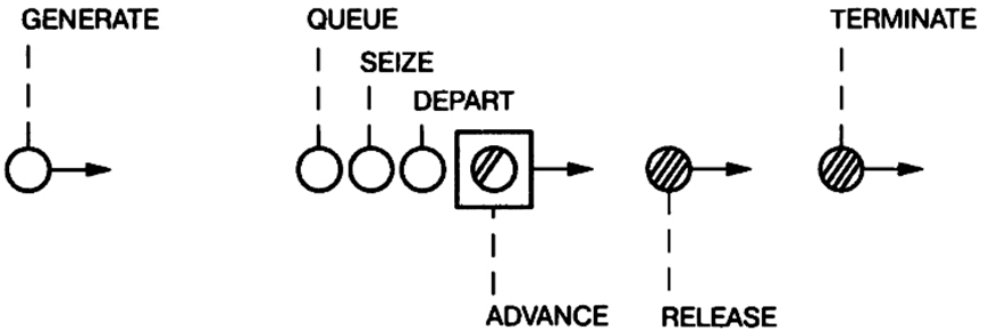


Рисунок 1.1 Структура системы массового обслуживания

Последовательность выполнения работы:

1. Необходимо запустить GPSS World и нажать Ctrl+N для создания новой модели (рис. 1.2)

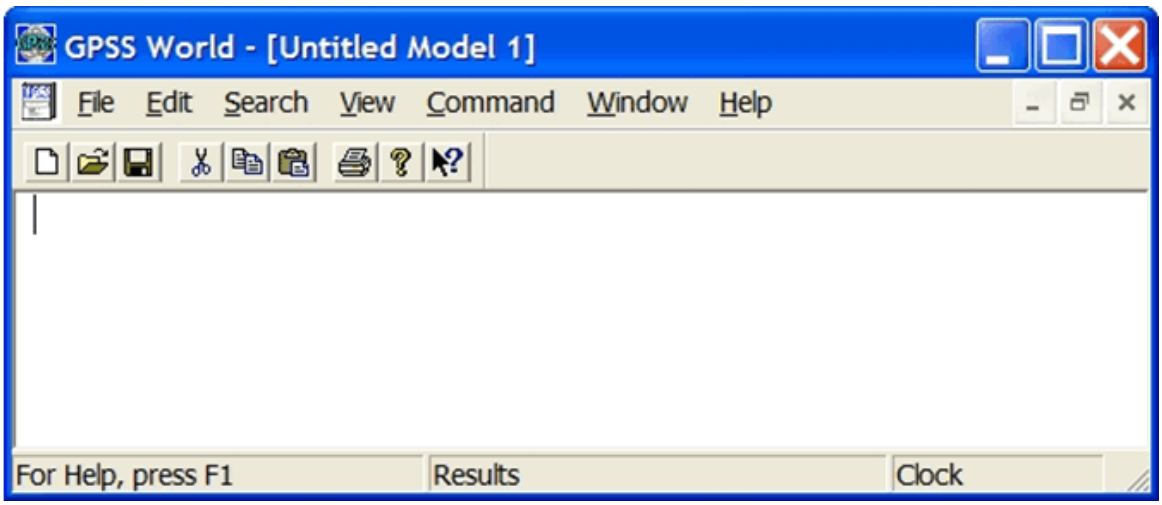


Рисунок 1.2. Окно программы GPSS World в режиме создания модели

2. Определим условия для моделирования из условий задачи (Задача: в аварийно-диспетчерскую службу поступило 200 звонков, которые принимались с интервалом времени 5-9 единиц времени, для обслуживания одного звонка диспетчеру требуется от 3 до 9 единиц времени. Определить среднее время в очереди, среднее время в канале, коэффициент использования канала и общее время принятия и обслуживания всех звонков.

Исходя из рис. 1.1. модель работы диспетчерской службы как системы массового обслуживания имеет следующие операторы:

GENERATE 7,2 ; генерирование требований с интервалом [время поступления звонков 5-9 ед. времени]

QUEUE 1 ; увеличение очереди на одно требование

SEIZE KAN ; Проверка занятости канала KAN

DEPART 1 ; Уменьшение очереди на одно требование

ADVANCE 6,3 ; Обслуживание требование в канале в течении [3-9] ед.времени

RELEASE KAN ; Освобождение канала KAN

TERMINATE 1 ; Выход требования из системы

START 200 ; Начало моделирования с числом требований 200 [общее количество поступивших звонков в диспетчерскую]

3. Занесем операторы в окно программы GPSS World (рис. 1.3)

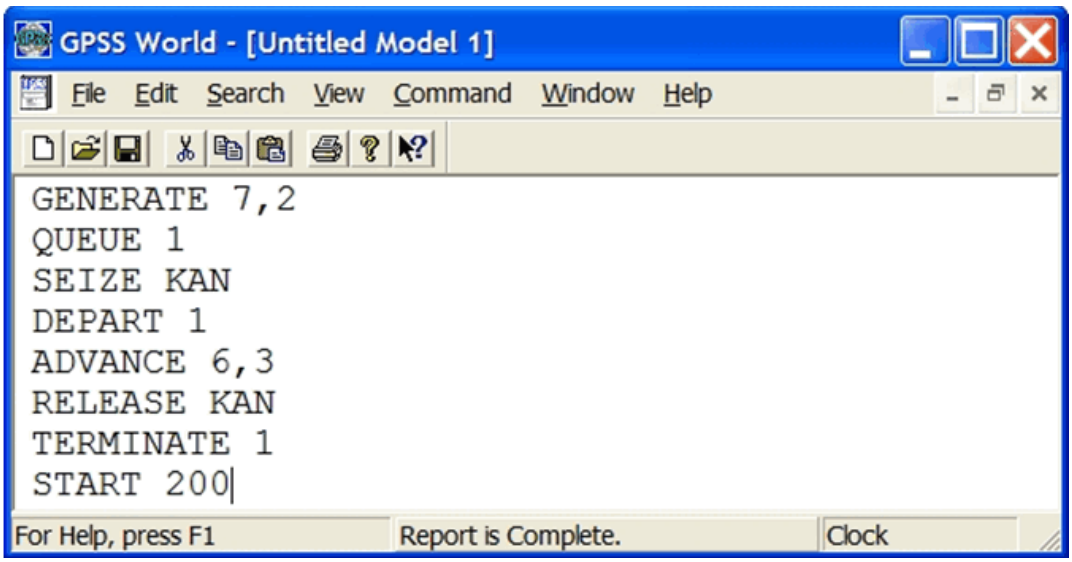


Рисунок 1.3. Операторы с указанием исходных данных в окне программы GPSS World

4. Запускаем выполнение моделирования через сочетание клавиш на клавиатуре Ctrl+Alt+S.

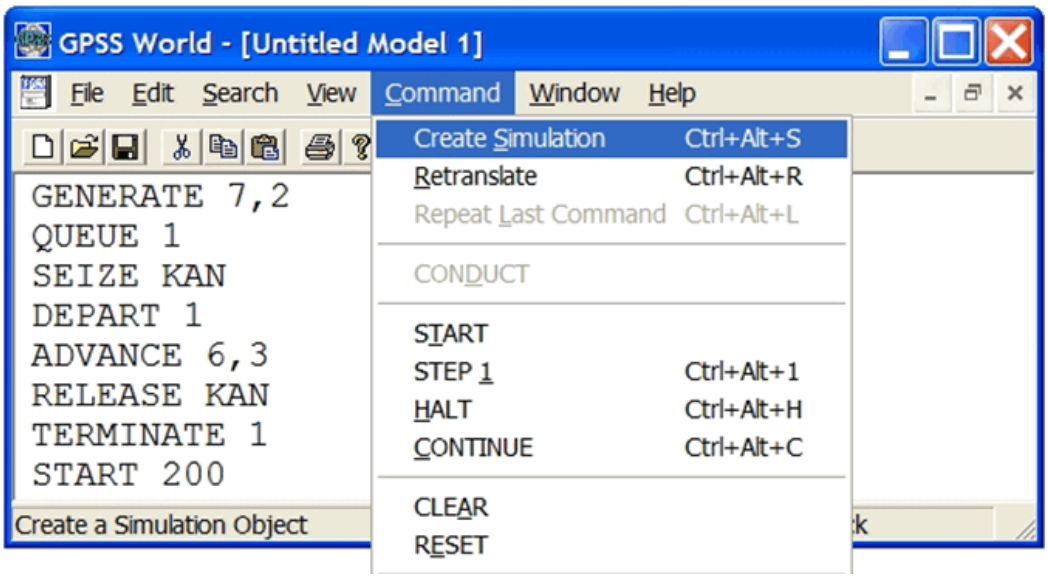


Рисунок 1.4. Запуск GPSS World на выполнение начала моделирования.

5. По завершению процесса моделирования появится сгенерированный отчет о результатах моделирования (рис. 1.5).

```
GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.10.1

Saturday, June 13, 2020 14:31:19

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
    0.000           1415.579    7        1           0

NAME                          VALUE
KAN                       10000.000

LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                   1    GENERATE           201            0       0
                   2    QUEUE              201            0       0
                   3    SEIZE              201            1       0
                   4    DEPART             200            0       0
                   5    ADVANCE            200            0       0
                   6    RELEASE            200            0       0
                   7    TERMINATE          200            0       0

FACILITY          ENTRIES UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 KAN                201    0.846    5.958   1      201    0    0     0      0

QUEUE              MAX CONT. ENTRY ENTRY(0) AVE.CONT. AVE.TIME   AVE.(-0) RETRY
 1                   1    1    201    114     0.130     0.914     2.111    0

CEC XN   PRI        M1       ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER   VALUE
   201    0       1412.399    201      3      4

FEC XN   PRI        BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER   VALUE
   202    0       1420.219    202      0      1
```

время начала

время завершения

коэффициент использования канала KAN

среднее время в канале

среднее время в очереди

Рисунок 1.5. Сгенерированный отчет моделирования в программе GPSS World

Задание для самостоятельного решения:

По исходных данным, представленным в таблице 1.1, смоделировать в программной среде GPSS World работу аварийно-диспетчерской службы с нахождением среднего времени в очереди, среднего время в канале, коэффициента использования канала, общее время принятия и обслуживания всех звонков.

Таблица 1.1

Исходные данные

Вариант	Общее количество звонков	Интервал принятия звонков, ед. врем	Интервал обслуживания звонков, ед. врем
1	150	5-9	7-11
2	100	5-7	8-10
3	250	4-6	6-10
4	200	2-4	1-3
5	300	6-8	3-5

6	450	3-5	6-8
7	400	1-3	2-4
8	500	6-10	4-6
9	550	8-10	5-7
10	425	7-11	5-9

Компьютерный практикум №2. Формирование структурной схемы работы системы массового обслуживания

Цель работы: освоить принципы формирования структурной схемы работы аварийно-диспетчерской службы.

Краткое описание ПО: для выполнения работы потребуется программная среда GPSS World студенческая версия.

Теоретические основы:

Персонал объединенной диспетчерской службы (ОДС) занимается вопросами автоматического контроля и управления работой инженерного оборудования жилых домов обслуживаемого микрорайона и ежедневным выполнением заявок населения по устранению неисправностей и повреждений в зданиях. В нерабочее время эксплуатационной службы в задачу ОДС входит принятие необходимых мер по обеспечению безопасности населения в случае аварийных ситуаций и информирование аварийных служб для своевременного их устранения.

Организация и оперативность проведения работ диспетчерской службой во многом определяет надежность, экономическую эффективность и экологический риск функционирования различных систем зданий микрорайона. Поэтому эксплуатационной организацией ежемесячно проводится анализ заявок, поступающих в диспетчерскую службу, на основании которого дается оценка ее работы по эксплуатации вверенного ей жилищного фонда.

В состав комплексной диспетчерской службы входят начальник службы, операторы диспетчерской службы, аварийная ремонтная бригада, включающая

мастеров и рабочих по специальностям: слесарь-сантехник, электромонтер, электрогазосварщик, электромеханик по лифтам.

Нормативная численность работников диспетчерского пункта, не включая аварийную ремонтную бригаду, при круглосуточном режиме работы составляет 4-5 человек. Эффективная численность аварийной ремонтной бригады 4 человека.

Диспетчерская служба рассматривается в компьютерном практикуме как *n*-канальная система массового обслуживания, открытая, с неограниченной очередью.

При анализе работы диспетчерской службы приняты следующие основные показатели эффективности:

- среднее время нахождения требований в системе $Z_{сист}$;
- коэффициент простоя обслуживающего персонала $К_{пр}$;
- средние издержки в процессе эксплуатации $С_{изд}$.

Перечисленные показатели определяются на основе статистических данных для каждого конкретного микрорайона в зависимости от интенсивности поступления заявок в систему λ, $ч^{-1}$, интенсивности их выполнения γ, $ч^{-1}$, интенсивности загрузки диспетчерской службы ρ, от организации выполнения работ.

По значениям λ, γ, ρ принимается решение о минимально необходимом штате рабочего персонала для исключения бесконечной очереди.

Интенсивность поступления заявок в систему определяется по статистическим данным как среднее арифметическое значение количества поступающих заявок в расчетном временном интервале. Приближенное значение интенсивности для санитарно-технических работ и электротехнических работ может быть рассчитано по формулам:

$$\lambda^{с/т} = 0{,}41 + 0{,}03 \cdot S_{жил}^{м-на} - 0{,}05 \cdot h_{ср} + 0{,}03 \cdot \Phi_{ср} \qquad (2.1)$$

$$\lambda^{э/т} = -0{,}43 + 0{,}02 \cdot S_{жил}^{м-на} + 0{,}08 \cdot \Phi_{ср} \qquad (2.2)$$

где, $S_{жил}^{м\text{-}на}$ – жилая площадь микрорайона, тыс. м^2; $h_{ср}$ – средняя этажность зданий микрорайона, этаж; $Ф_{ср}$ – средний физический износ зданий микрорайона, %.

Средняя этажность зданий микрорайона $h_{ср}$ определяется как среднее арифметическое взвешенное значение:

$$h_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(S_i \cdot h_i)}{\sum_{i=1}^{N} S_i} \qquad (2.3)$$

где, S_i – жилая площадь i-го здания микрорайона, тыс. м^2; h_i – этажность i-го здания микрорайона, этаж; N – количество зданий в микрорайоне.

Средний физический износ зданий микрорайона $Ф_{ср}$ определяется аналогичным образом:

$$Ф_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(S_i \cdot Ф_i)}{\sum_{i=1}^{N} S_i} \qquad (2.4)$$

где, $Ф_i$ – физический износ i-го здания микрорайона, %.

Физический износ каждого здания определяется по формуле:

$$Ф_i = \frac{Z_i^{тек} \cdot (Z_i^{тек} + Z_i^{норм})}{2 \cdot (Z_i^{норм})^2} \cdot 100 \qquad (2.5)$$

где, $Z_i^{норм}$ – нормативный срок службы i-го здания, определяемый по табл. 1, лет; $Z_i^{тек}$ – срок эксплуатации i-го здания на момент оценки технического состояния, год.

Интенсивность выполнения требований может быть определена по статистическим данным как среднее арифметическое значение выполненных заявок за расчетный интервал времени. Приближенное значение определяется по следующей методике:

$$\gamma = \frac{1}{Z_{вып}} \qquad (2.6)$$

где, $Z_{вып}$ – время выполнения требования, ч.

Время выполнения заявок населения может быть представлено четырьмя слагаемыми:

$$Z_{вып} = Z_{пол} + Z_{дв} + Z_{ос} + Z_{раб} \qquad (2.7)$$

где, $Z_{пол}$ – среднее время получения требования от населения, его регистрации диспетчером и сообщения о нем исполнителям, ч; $Z_{дв}$ – среднее время движения рабочего от диспетчерской до места возникновения требования, ч; $Z_{ос}$ – среднее время осмотра и выявления причин неисправности, включая подготовительные работы, ч; $Z_{раб}$ – среднее время выполнения работ по устранению неисправностей, ч.

Время получения и регистрации требования может приниматься равным 10 минутам, время осмотра для санитарно-технических работ 30 минут; для электротехнических работ 15 минут.

Среднее время движения рабочего от диспетчерской до места возникновения отказа определяется как:

$$Z_{дв} = \sqrt{\frac{S_{м-на}}{2 \cdot \pi \cdot V^2}} \qquad (2.8)$$

где, $S_{м-на}$ – площадь территории обслуживаемого диспетчерской службой микрорайона, км^2; V – средняя скорость движения рабочих, принимаемая 3 км/ч.

Среднее время выполнения работ по устранению неисправностей определяется как:

$$Z_{раб} = \alpha \cdot \sum_{i=1}^{N} \kappa_i \cdot Z_{раб(i)} \qquad (2.9)$$

где, κ_i – доля отказа i-го элемента; $Z_{раб(i)}$ – норма времени на устранение i-го вида неисправности, чел-ч, *а* – коэффициент, задаваемый преподавателем.

Интенсивность загрузки диспетчерской службы определяется для каждого вида работ по формуле:

$$\rho = \frac{\lambda}{\gamma} \qquad (2.10)$$

Количество рабочих по специальности k выбирается из соотношения:

$$k > \rho \qquad (2.11)$$

Ниже представлены переменные и уравнения модели процесса функционирования работы АДС в течение 8 часов:

T - общее время моделирования;

t - время выполнения заявки рабочим;

N_0 – количество звонков, прошедших за время моделирования T;

p - количество выполненных заявок рабочим;

$К_з$ - коэффициент загрузки рабочего;

N_1- число пользователей, получивших отказ.

Уравнения модели:

$$P_{отк} = \frac{N_1}{N_0 + N_1} \qquad (2.12)$$

$$К_з = \frac{\sum t \cdot p}{T} \qquad (2.13)$$

Ниже приведены расшифровки основных обозначений, сформированных в отчете моделирования в программе GPSS World.

LOC – номер блока, назначенный системой;

BLOCK TYPE – название блока;

ENTRY COUNT – количество транзактов, прошедших через блок за время моделирования;

CURRENT COUNT – количество транзактов, задержанных в блоке на момент конца моделирования;

RETRY – количество транзактов, ожидающих специальных условий для прохождения через данный блок;

Отчет о работе устройства:

FACILITY – название устройства;

ENTRIES – количество транзактов, прошедших через устройство;

UTIL . – вероятность загрузки устройства;

AVE . TIME – среднее время обработки одного транзакта устройством;

AVAIL . – состояние готовности устройства на момент конца моделирования (1 –готово к обслуживанию очередной заявки; 0 – не готово);

OWNER – номер последнего транзакта занимающего устройство (если не занималось, то значение 0);

PEND – количество транзактов, ожидающих устройство, и находящихся в режиме прерывания;

INTER – количество транзактов, прерывающих устройство в данный момент;

RETRY – количество транзактов, ожидающих специальных условий, зависящих от состояния объекта типа «устройство»;

DELAY – определяет количество транзактов, ожидающих занятия или освобождения устройства.

Статистика об очередях:

QUEUE – имя очереди;

MAX - максимальная длина очереди;

CONT . – текущая длина очереди;

ENTRY – общее количество входов;

ENTRY (0) - количество «нулевых» входов;

AVE . CONT . – средняя длина очереди;

AVE . TIME – среднее время пребывания транзактов в очереди;

AVE .(-0) – среднее время пребывания в очереди без учета «нулевых» входов;

RETRY – количество транзактов, ожидающих специальных условий.

Информация о списке будущих событий FEC (Future Events Chain):

XN – номер транзакта;

PRI – приоритет транзакта;

BDT - таблица модельных событий – абсолютное модельное время выхода транзакта из списка будущих событий и перехода транзакта в список текущих событий;

ASSEM - номер семейства транзактов;

CURRENT - номер блока в котором находится транзакт (0 – если транзакт не вошел в модель);

NEXT - номер блока в который перейдет транзакт далее;

PARAMETER – номер или имя параметра транзакта;

VALUE – значение параметра.

Последовательность выполнения работы:

1. Запускаем GPSS World и нажимаем сочетание клавиш Ctrl+N для создания новой модели (рис. 1.2).

2. Определим исходные данные для моделирования из условий задачи:

Аварийно-диспетчерской служба работает в 3 смены по 8 часов, в каждой смене дежурит 2 человека (1 диспетчер и 1 рабочий). Заявки на устранение неисправностей приходят в АДС в среднем каждые 25 мин. Диспетчер формирует заявку в среднем в течение 5 мин. Рабочему выделяется на каждый вызов в среднем по 30 мин. Смоделировать работу АДС в течение 8 часов. Определить достаточно ли работников в АДС, обеспечивающих не возрастание очереди и коэффициент загрузки в этом режиме?

Исходя из условий задачи листинг программы будет иметь следующий вид:

```
OCHERED STORAGE 20
GENERATE 25
SEIZE DISPETCHER
ADVANCE 5
RELEASE DISPETCHER
ENTER OCHERED
AGAIN TRANSFER ,METKA1
METKA1 SEIZE RABOCH1
LEAVE OCHERED
```

```
ADVANCE 30
RELEASE RABOCH1
TRANSFER ,WENT
VIX TRANSFER ,AGAIN
WENT TERMINATE
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1
```

3. Производим выполнение моделирования через сочетание клавиш на клавиатуре Ctrl+Alt+S. По завершению процесса моделирования появится сгенерированный отчет о результатах моделирования (рис. 2.1).

GPSS World - [Untitled Model 5.119.1 - REPORT]

File Edit Search View Command Window Help

```
              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 5.119.1


                   Saturday, June 13, 2020 20:23:33

           START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000           480.000    15        2          1


              NAME                        VALUE
          AGAIN                            6.000
          DISPETCHER                   10001.000
          METKA1                           7.000
          OCHERED                      10000.000
          RABOCH1                      10002.000
          VIX                             12.000
          WENT                            13.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                    1    GENERATE            19             0       0
                    2    SEIZE               19             0       0
                    3    ADVANCE             19             0       0
                    4    RELEASE             19             0       0
                    5    ENTER               19             0       0
AGAIN               6    TRANSFER            19             3       0
METKA1              7    SEIZE               16             1       0
                    8    LEAVE               15             0       0
                    9    ADVANCE             15             0       0
                   10    RELEASE             15             0       0
                   11    TRANSFER            15             0       0
VIX                12    TRANSFER             0             0       0
WENT               13    TERMINATE           15             0       0
                   14    GENERATE             1             0       0
                   15    TERMINATE            1             0       0


FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 DISPETCHER          19    0.198       5.000  1        0    0    0     0      0
 RABOCH1             16    0.938      28.125  1       17    0    0     0      3


STORAGE            CAP. REM. MIN. MAX.  ENTRIES AVL.  AVE.C. UTIL. RETRY DELAY
 OCHERED            20   16   0     4       19   1    1.406  0.070    0     0


CEC XN   PRI          M1      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
    17    0         400.000     17      7      8


FEC XN   PRI         BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
    21    0         500.000     21      0      1
    22    0         960.000     22      0     14
```

For Help, press F1 | Report is Complete. | Clock

Рисунок 2.1. Сгенерированный отчет моделирования в программе GPSS World

4. Проанализируем полученную статистику. Из отчета следует: значение системного времени изменялось от 0 до 480. За это время через диспетчера прошло 19 звонков. Рабочий выполнил 16 заявок. Диспетчер загружен на 19,8%, рабочий на 93,8%.

Среднее время занятости диспетчера – 5,0 минут, рабочего – 28,13 минут. Максимальная очередь – 4 заявки. Невыполненными оказались 3 заявки.

Согласно формулам (2.12), (2.13) исходным и полученным данным имеем:

$$P_{отк} = \frac{N_1}{N_0 + N_1} = \frac{3}{19+3} = 0{,}143$$

$$K_з = \frac{\sum t \cdot p}{T} = \frac{28{,}13 \cdot 16}{480} = 0{,}938$$

По отчету и расчетам видно, что загрузка рабочего велика: $K_з = 0{,}938$ и вероятность отказа $P_{отк} = 0{,}143$.

5. Для разгрузки рабочего и повышения эффективности АДС добавим еще одного рабочего, тогда листинг программы будет иметь следующий вид:

```
OCHERED STORAGE 20
GENERATE 25
SEIZE DISPETCHER
ADVANCE 5
RELEASE DISPETCHER
ENTER OCHERED
AGAIN TRANSFER 0.5,METKA1,METKA2,VIX
METKA1 SEIZE RABOCH1
LEAVE OCHERED
ADVANCE 30
RELEASE RABOCH1
TRANSFER ,WENT
METKA2 SEIZE RABOCH2
LEAVE OCHERED
ADVANCE 30
RELEASE RABOCH2
TRANSFER ,WENT
```

```
VIX TRANSFER ,AGAIN
WENT TERMINATE
GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1
```

6. Запускаем выполнение моделирования через сочетание клавиш на клавиатуре Ctrl+Alt+S. По завершению процесса моделирования появится сгенерированный отчет о результатах моделирования (рис. 2.2).

GPSS World - [Untitled Model 5.130.1 - REPORT]

File Edit Search View Command Window Help

```
                    Saturday, June 13, 2020 22:26:12

           START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000           480.000    20        3          1


              NAME                        VALUE
          AGAIN                            6.000
          DISPETCHER                   10001.000
          METKA1                           7.000
          METKA2                          12.000
          OCHERED                      10000.000
          RABOCH1                      10002.000
          RABOCH2                      10003.000
          VIX                             17.000
          WENT                            18.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                     1   GENERATE            19            0       0
                     2   SEIZE               19            0       0
                     3   ADVANCE             19            1       0
                     4   RELEASE             18            0       0
                     5   ENTER               18            0       0
AGAIN                6   TRANSFER            18            0       0
METKA1               7   SEIZE               11            0       0
                     8   LEAVE               11            0       0
                     9   ADVANCE             11            1       0
                    10   RELEASE             10            0       0
                    11   TRANSFER            10            0       0
METKA2              12   SEIZE                7            0       0
                    13   LEAVE                7            0       0
                    14   ADVANCE              7            0       0
                    15   RELEASE              7            0       0
                    16   TRANSFER             7            0       0
VIX                 17   TRANSFER             0            0       0
WENT                18   TERMINATE           17            0       0
                    19   GENERATE             1            0       0
                    20   TERMINATE            1            0       0


FACILITY         ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 DISPETCHER          19    0.198       5.000  1       20    0    0     0      0
 RABOCH1             11    0.646      28.182  1       19    0    0     0      0
 RABOCH2              7    0.438      30.000  1        0    0    0     0      0


STORAGE            CAP. REM. MIN. MAX.  ENTRIES AVL.  AVE.C. UTIL. RETRY DELAY
 OCHERED            20   20   0     1       18   1    0.104  0.005    0    0


CEC XN   PRI          M1      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
    20    0         475.000     20      3      4


FEC XN   PRI         BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
    19    0         500.000     19      9     10
    21    0         500.000     21      0      1
    22    0         960.000     22      0     19
```

For Help, press F1 | Report is Complete. | Clock

Рисунок 2.2. Сгенерированный отчет моделирования в программе GPSS World

7. Проанализируем полученную статистику. Из отчета следует: значение системного времени изменялось от 0 до 480. За это время через

диспетчера прошло 19 звонков. Рабочие выполнили 18 заявок. Диспетчер загружен на 19,8%, первый рабочий на 64,6%, второй рабочий на 43,8%.

Среднее время занятости диспетчера – 5,0 минут, первого рабочего – 28,13 минут, второго рабочего – 30,00 минут Максимальная очередь – 1 заявка. Невыполненной осталась 1 заявка, которая по нормируемому времени выполнения заявки 30 минут переходит в следующую смену.

Согласно формулам (2.12), (2.13) исходным и полученным данным имеем:

$$P_{отк} = \frac{N_1}{N_0 + N_1} = \frac{1}{19+1} = 0{,}05$$

$$K_{з1} = \frac{\sum t \cdot p}{T} = \frac{28{,}13 \cdot 11}{480} = 0{,}646$$

$$K_{з2} = \frac{\sum t \cdot p}{T} = \frac{30 \cdot 7}{480} = 0{,}438$$

По отчету и расчетам видно, что загрузка первого рабочего $K_{з1} = 0{,}646$, второго рабочего $K_{з2} = 0{,}438$ и вероятность отказа выполнения заявки $P_{отк} = 0{,}05$, что является допустимым для работы смены АДС.

Задание для самостоятельного решения:

По исходных данным, представленным в таблице 2.1, смоделировать в программной среде GPSS World работу аварийно-диспетчерской службы. Определить достаточно ли работников в АДС, обеспечивающее не возрастание очереди и коэффициент загрузки в этом режиме?

Таблица 2.1

Исходные данные

Вариант	Количество рабочих без учета диспетчера, чел	Общее количество звонков	Интервал поступления звонков о неисправностях, мин	Время формирования заявки оператором, мин	Время выполнения заявки рабочим, мин
1	1	50	15	7	30
2	1	10	17	11	35

3	1	25	16	10	40
4	1	20	24	3	45
5	1	30	18	5	20
6	1	45	35	8	25
7	1	40	13	4	30
8	1	50	10	6	35
9	1	55	12	7	40
10	1	42	11	9	25

Компьютерный практикум №3. Последовательность действий при составлении имитационной модели системы массового обслуживания

Цель работы: освоить принципы графического представления результатов моделирования системы массового обслуживания.

Краткое описание ПО: для выполнения работы потребуется программная среда GPSS World студенческая версия.

Теоретические основы:

Функциональные объекты

1. **Транзакты (ТА)** имитируют пользователей системы, заявки к системе, требования, обращения к системе и т.д. Каждый транзакт имеет индивидуальный номер, номер блока, в котором он находится, и набор стандартных числовых атрибутов:

- PS $ - приоритет;
- X $ j – j-й номер ТА;
- M $ i – время прохождения i-го ТА участка модели;
- P $ j – j-й параметр ТА.

Транзакт создаётся специальным блоком GENERATE, проводится по системе (алгоритму) и выводится из системы оператором TERMINATE. При этом о нем собираются статистические данные.

2. **Устройства** имитируют процесс обработки ТА и включают в себя следующие операторы (программные блоки):

- SEIZE – занять устройство;

- ADVANCE - задержать (обработать) ТА;

- RELEASE – вывод ТА из устройства.

Устройство имеет следующие СЧА:

- FR $ j – коэффициент использования *j*-го устройства;

- FT $ j – среднее время обработки ТА *j*-м устройством;

- F$ j – состояние устройства с номером *j* (0- устройство свободно, 1- устройство занято).

3. **Очереди** имитируют постановку, нахождение и вывод ТА из очереди. Очереди составляются двумя блоками:

- QUEUE – захват (вход в очередь);

- DEPART – выход из очереди.

Очереди имеют следующие СЧА:

- Q $ j – длина *j*-й очереди;

- QM $ j – максимальная длина *j*-й очереди;

- QA $ j – средняя длина *j*-й очереди $\left(\overline{r_j}\right)$;

- QT$j – среднее время ожидания ТА в очереди $\left(\overline{t_j^{ож}}\right)$ с учётом транзитных ТА, то есть тех, которые не задерживались в очереди.

4. **Функции** устанавливают функциональную зависимость между СЧА. В основном это законы распределения случайной величины. Функции бывают непрерывные *(C)* и дискретные *(D)*. Функция задаётся набором пар точек, определяющих координаты кривой распределения.

Операторы GPSS World

Формат операторов GPSS имеет следующий вид:

Метка…Операция…Операнды…Комментарии.

Метка – это символьный адрес перехода. Метка обязательно начинается с буквы и желательно с первой позиции. Через пробел или в шестой позиции записывается *операция*, состоящая из названия программного блока. В названии должно быть не менее 4-х символов. Далее через пробел записываются

операнды. В качестве операндов фигурируют СЧА, численные значения функций, соотношения. Если операндов несколько, между ними ставится пробел или запятая. После операндов пишутся *комментарии.* Поле операндов от комментария отделяется точкой с запятой.

Основные операторы

1. **FUNCTION** (функция)

Программный блок-функция устанавливается в начале модели. С помощью функции записывается зависимость между параметрами или СЧА. В основном она используется для задания закона распределения случайной величины (для GPSS World не обязательна).

Формат: символ (номер или имя) FUNC A, B,

где в поле А устанавливается аргумент функции. Если это аргумент случайной функции, то в поле А устанавливается RN $.

В поле В записывается тип функции (C, D). За буквой C или D записывается количество пар точек. Далее перечисляются координаты точек по формату: x_1, y_1/x_2, y_2/x_3, y_3/…/x_n, y_n.

При записи пар точек необходимо соблюдать следующие условия:

- x (аргумент) должен обязательно возрастать;
- совпадения значений x не допускаются.

Например:

4 FUNC RN$2,C5

0,0/.2,10/.5,25/.8,10/1,0

Значения функции 4 распределены случайно в зависимости от данных генератора случайных чисел RN$2.

2**. GENERATE** (генерировать)

Программный блок предназначен для создания ТА с соответствующим набором атрибутов. Программный блок имеет только выход.

Формат: GENE A, B, C, D

В поле A записывается математическое ожидание интервала следования транзактов ($\bar{\tau}$).

В случае равномерного закона распределения в поле B записывается величина отклонения случайной величины от математического ожидания ($\Delta\tau$). По умолчанию отклонение равно 0. Если закон отличается от равномерного, в поле B записывается закон распределения, установленный выше блоком FUNCTION.

В поле C устанавливается время появления на выходе генератора первого транзакта (t_1).

В поле D записывается число транзактов, которое должен сформировать генератор.

Примечание. Если в поле B записана не функция, а интервал $\Delta\tau$, то генератор выдаёт числа с равномерным законом распределения в интервале (A-B, A+B). Если в поле B записана функция FN$ (имя функции или номер), то генератор выдаёт случайные числа, равные (A*FN$), где A – математическое ожидание.

Например: 1.GENE 12,3,,2

Генератор генерирует TA с интервалом от 9 до 15 единиц времени с приоритетом 2.

2. GENE 10,FN$EXP

Генератор генерирует TA с интервалом, равным произведению значения функции FN$EXP на 10.

В GPSS World в библиотеку включено 24 закона вероятностных распределений. При вызове распределения требуется установить аргумент и его параметры.

Некоторые распределения вероятностей:

- Лапласа (Laplace);
- нормальное (Normal);
- Пирсона типа V (Pearson Type V);

- Пуассона (Poisson);

- равномерное (Uniform);

- экспоненциальное (Exponential).

Генератор задается в специальном формате. Например, генератор с экспоненциальным законом распределения (λ=0,25) и с использованием генератора случайных чисел RN1 запишется в виде

GENERATE (Exponential(1,0,(1/0.25))).

3. **TRANSFER** (передать)

Оператор предназначен для имитации правил и условий обслуживания. С помощью этого оператора ТА можно передавать в различные программные блоки модели.

Формат: TRAN A, B, C, D

В поле А устанавливается условие (режим) передачи. В поле В указывается номер следующего блока по условию. В поле С указывается номер блока, в который должен перейти ТА, если блок, указанный в поле В, занят. В поле D записывается индекс, используемый в условии «ALL».

В поле А устанавливаются следующие условия.

1. «Пробел» (в поле А ничего не указывается). По этому условию ТА передаётся в блок, указанный в поле В, (безусловный переход). Если блок занят, ТА остаётся в предыдущем блоке (TRANSFER).

2. .N - по этому условию записывается вероятность, с которой ТА будет переходить в блок, указанный в поле С.

3. «ALL» - ТА пытается войти в блок В, если он занят, то в B+D, если и он занят, то в B+2D и т.д. до С.

4. «BOTH» - ТА пытается войти в блок В, если он занят, то в блок С, если блок С занят, то остаётся в предыдущем блоке (TRANSFER).

Например: 1. TRAN ,M1

Безусловная передача блоку с меткой M1.

2. TRAN .300,M1,M2

С вероятностью 0.7 ТА будут переданы блоку с меткой М1 и с вероятностью 0.3 – в блок М2.

4. **SEIZE** (занять)

С помощью этого оператора производится ввод ТА в устройство, имитирующее обслуживание.

Формат: SEIZ A

В поле А указывается номер или имя устройства.

5. **ADVANCE** (задержать)

Блок имитирует обслуживание путём выделения транзакту определённого времени нахождения в блоке.

Формат: ADVA A, B

В поле А указывается математическое ожидание времени обслуживания. В поле В – разброс времени обслуживания (аналогично блоку GENERATE).

Например: 1. ADVA 7, 2

Транзакт будет оставаться в блоке от 5 до 9 единиц времени.

2. ADVA 5, FN$1

Транзакт будет задержан на время, равное произведению значения функции FN$1 на 5.

6. **ASSIGN** (присвоить, изменить)

С помощью этого оператора параметрам ТА присваиваются определенные значения.

Формат: ASSI A, B

В поле А записывается имя параметра. Далее могут быть установлены +(-). В поле В – новое значение параметра или изменённое значение.

Примечание. Если в поле А после имени параметра не указаны знаки +(-), параметр принимает значение, указанное в поле В; если после имени параметра стоит «+», то параметр принимает значение (А+В); если «-»,то (А-В).

Например: 1. ASSI 2, 5

Присвоить параметру 2 значение 5.

2. ASSI 1+ , M$i

Добавить к значению параметра 1 время прохождения i-го ТА участка модели.

7. **QUEUE** (встать в очередь)

Оператор имитирует постановку ТА в очередь.

Формат: QUEU A, B

В поле А устанавливается имя очереди или её номер. В поле В – число одновременно вводимых транзактов в очередь. По умолчанию 1.

8. **DEPART** (покинуть очередь)

Оператор предназначен для вывода ТА из очереди.

Формат: DEPA A, B

В поле А устанавливается имя очереди. В поле В – число выводимых ТА (по умолчанию 1).

9. **RELEASE** (освободить устройство, реализовать)

Оператор предназначен для вывода из устройства обслуженного ТА.

Формат: RELE A

В поле А устанавливается имя или номер устройства.

10. **TEST** (сравнение двух СЧА)

Оператор используется для передачи управления (ТА) по результатам сравнения двух СЧА.

Формат: TEST R A, B, C

В поле R устанавливаются условия сравнения

E – « = »; NE – «≠»; L – « < »; LE – « ≤ »; G – « > »; GE – « ≥ ».

В полях А, В записываются СЧА, подлежащие сравнению.

Если условие поля R выполнимо, то ТА входит в блок TEST и далее в блок по программе. Если условие не выполнено, ТА пытается войти в блок, указанный в поле С (метка перехода). Если блок С занят, то ТА не заходит в TEST, а ожидает выполнения условия.

11. **MARK** (отметить)

Формат: MARK A

Блок записывает в параметр, указанный в поле А, значение текущего времени. Если поле А свободно , то вместо времени создания ТА устанавливается текущее время.

Например: 1. MARK

Блок заменяет время входа транзакта в модуль на текущее значение.

2. MARK 3

Блок записывает текущее время в параметр 3.

12. **TERMINARE** (завершить)

Блок предназначен для уничтожения транзактов, прошедших через модель.

Формат: TERM A

В поле А указывается число уничтоженных транзактов, а в дальнейшем - число, вычитаемое из содержимого счетчика оператора START.

Примечание: Если в поле А «пробел», то ТА уничтожается, но при этом содержимое счетчика оператора START не уменьшается. Используется это в тех случаях, если в модели необходимо задать время моделирования Т. Это достигается следующим образом. После оператора TERM с «пробелом» устанавливается группа операторов.

GENE T

В поле Т записывается время моделирования (момент появления первого ТА).

TERM 1

13. **START** (начать)

С помощью этого оператора имитируются начало и конец сбора информации на модели.

Формат: STAR A, B, C

В поле А устанавливается число прогонов модели. В поле В – условие печати результатов. По умолчанию печатается стандартный отчёт. Если стоит NP, печать стандартного отчета отменяется. В поле С указывается число

прогонов, через которые осуществляется промежуточная распечатка результатов. Поля оператора START в GPSS World заполняются в пункте меню «Command/ START».

Например: 1. START 400

Выполнить модель до 400 прогонов модели с печатью стандартного отчета.

2. START 100, ,10

Выполнить 100 прогонов модели с выводом отчета через каждые 10 завершений.

Последовательность выполнения работы:

1. Запускаем GPSS World и нажимаем сочетание клавиш Ctrl+N для создания новой модели (рис. 1.2).

2. Определим исходные данные для моделирования из условий задачи:

Телефонная сеть аварийно-диспетчерской службы имеет две линии связи. Звонки, приходящие извне, поступают каждые 100±60 сек. Время поступления звонков, распределено экспоненциально. Если линия занята, абонент набирает номер повторно, после того как проходит 5±1 мин. Длительность разговора составляет 100±60 сек.

Задание:

1) Создать модель телефонной системы и определить время, необходимое для реализации 200 разговоров.

2) Определить коэффициент использования линии.

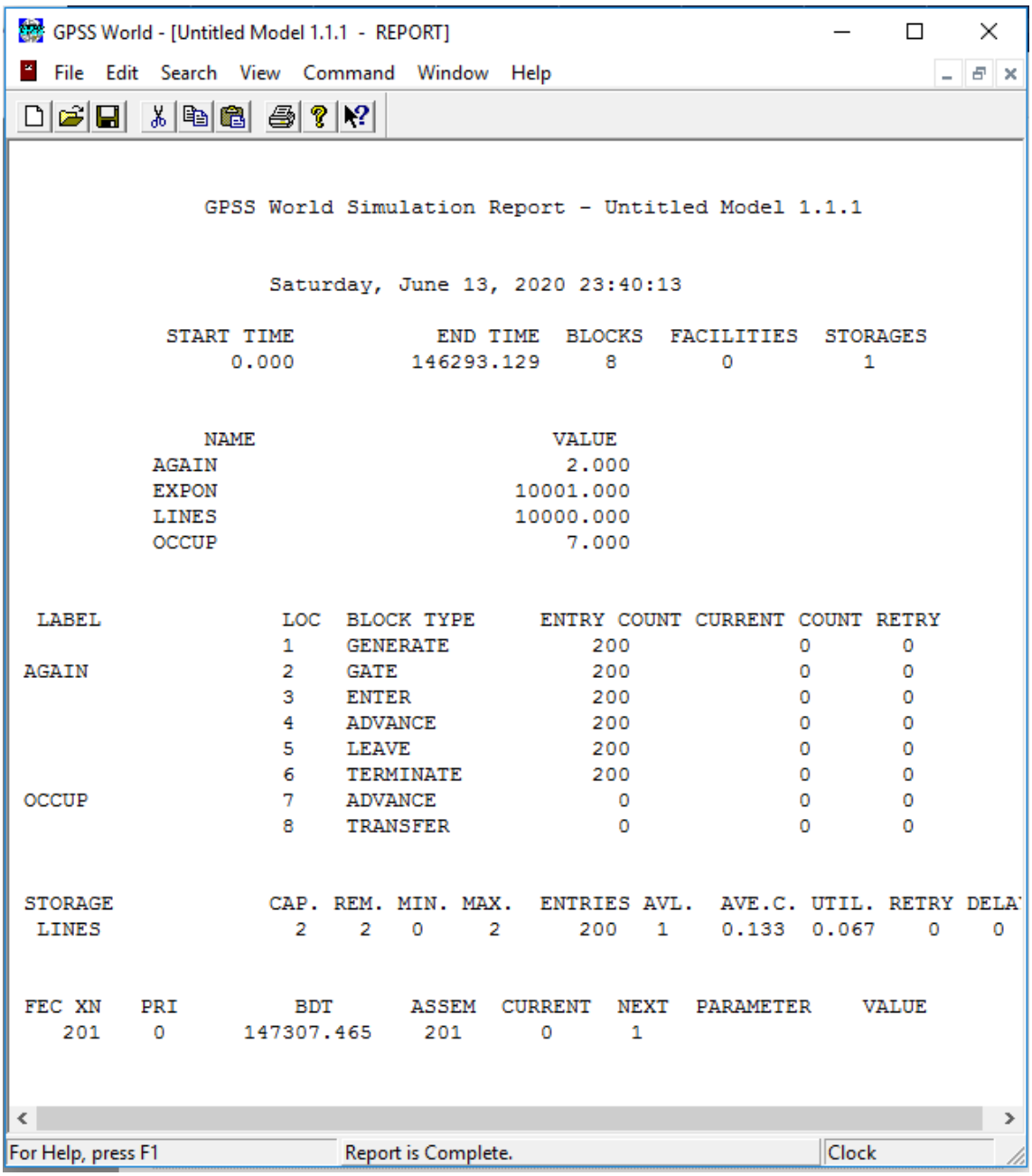
3) Построить гистограмму распределения времени, необходимого каждому абоненту для установления связи и проведения разговора.

Для моделирования работы системы необходимо сформировать входной поток требований (звонков). В качестве единицы измерения времени возьмем секунду. Поток звонков подчиняется экспоненциальному закону распределения вероятностей. Мы будем формировать поток, используя эмпирическое распределение, которое создадим с помощью команды FUNCTION, используя

непрерывные случайные функции (тип C). Тогда листинг программы будет иметь следующий вид:

```
LINES STORAGE 2
EXPON FUNCTION RN1,C4
0,1/0.4,3/0.7,10/1,17
GENERATE 100,FN$EXPON
AGAIN GATE SNF LINES,OCCUP
ENTER LINES
ADVANCE 100,60
LEAVE LINES
TERMINATE 1
OCCUP ADVANCE 300,60
TRANSFER ,AGAIN
START 200
```

3. Запускаем выполнение моделирования через сочетание клавиш на клавиатуре Ctrl+Alt+S. По завершению процесса моделирования появится сгенерированный отчет о результатах моделирования (рис. 3.1).



```
GPSS World - [Untitled Model 1.1.1 - REPORT]
File  Edit  Search  View  Command  Window  Help

              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.1.1


                   Saturday, June 13, 2020 23:40:13

           START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000        146293.129     8        0          1


              NAME                        VALUE
          AGAIN                            2.000
          EXPON                        10001.000
          LINES                        10000.000
          OCCUP                            7.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                    1    GENERATE           200             0       0
AGAIN               2    GATE               200             0       0
                    3    ENTER              200             0       0
                    4    ADVANCE            200             0       0
                    5    LEAVE              200             0       0
                    6    TERMINATE          200             0       0
OCCUP               7    ADVANCE              0             0       0
                    8    TRANSFER             0             0       0


STORAGE            CAP. REM. MIN. MAX.  ENTRIES AVL.  AVE.C. UTIL. RETRY DELA
 LINES               2    2   0     2      200   1    0.133  0.067    0     0


FEC XN   PRI         BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   201    0      147307.465    201      0      1

For Help, press F1        Report is Complete.        Clock
```

Рисунок 3.1. Сгенерированный отчет моделирования в программе GPSS World

4. Закрываем открытые окна с сохранением данных. Далее нажимаем сочетание клавиш Ctrl+N для создания новой модели.

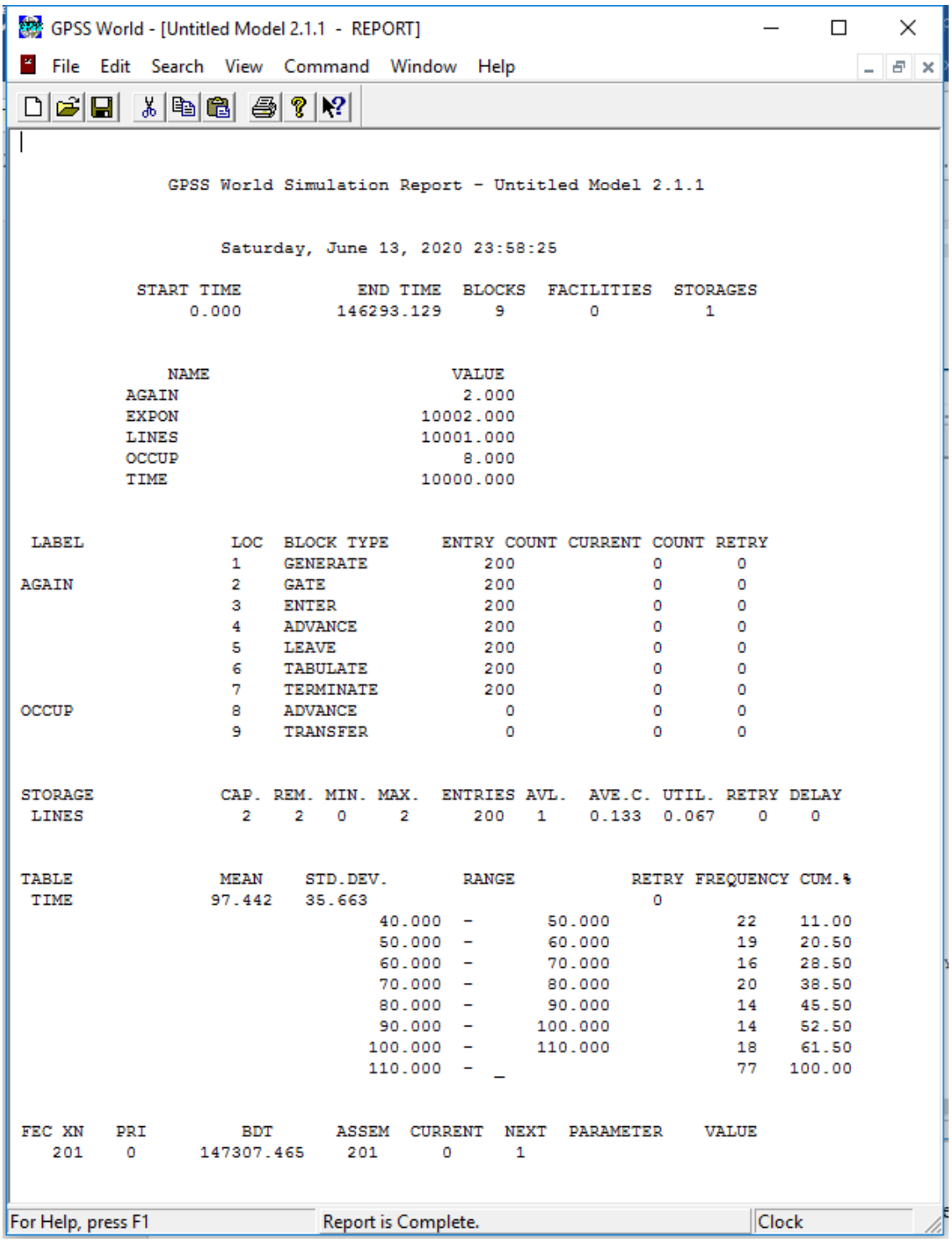
5. Для построения гистограммы необходимо добавить в программу строку для сбора статистической информации о времени, которое требуется каждому абоненту, чтобы установить связь и провести разговор. Листинг видоизмененной программа может выглядеть следующим образом:

TIME TABLE M1,10,10,12

LINES STORAGE 2

```
EXPON FUNCTION RN1,C4
0,1/0.4,3/0.7,10/1,17
GENERATE 100,FN$EXPON
AGAIN GATE SNF LINES,OCCUP
ENTER LINES
ADVANCE 100,60
LEAVE LINES
TABULATE TIME
TERMINATE 1
OCCUP ADVANCE 300,60
TRANSFER ,AGAIN
START 200
```

6. Запускаем выполнение моделирования через сочетание клавиш на клавиатуре Ctrl+Alt+S. По завершению процесса моделирования появится сгенерированный отчет о результатах моделирования (рис. 3.2).



```
GPSS World - [Untitled Model 2.1.1 - REPORT]
File  Edit  Search  View  Command  Window  Help

              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.1.1


                   Saturday, June 13, 2020 23:58:25

           START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000        146293.129     9        0          1


              NAME                        VALUE
           AGAIN                           2.000
           EXPON                       10002.000
           LINES                       10001.000
           OCCUP                           8.000
           TIME                        10000.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                    1    GENERATE           200             0       0
AGAIN               2    GATE               200             0       0
                    3    ENTER              200             0       0
                    4    ADVANCE            200             0       0
                    5    LEAVE              200             0       0
                    6    TABULATE           200             0       0
                    7    TERMINATE          200             0       0
OCCUP               8    ADVANCE              0             0       0
                    9    TRANSFER             0             0       0


STORAGE             CAP. REM. MIN. MAX.  ENTRIES AVL.  AVE.C. UTIL. RETRY DELAY
 LINES                2    2    0     2      200   1    0.133  0.067    0     0


TABLE               MEAN    STD.DEV.       RANGE           RETRY FREQUENCY CUM.%
 TIME              97.442   35.663                           0
                                   40.000  -       50.000            22    11.00
                                   50.000  -       60.000            19    20.50
                                   60.000  -       70.000            16    28.50
                                   70.000  -       80.000            20    38.50
                                   80.000  -       90.000            14    45.50
                                   90.000  -      100.000            14    52.50
                                  100.000  -      110.000            18    61.50
                                  110.000  -  _                      77   100.00


FEC XN   PRI        BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
   201    0      147307.465   201      0      1

For Help, press F1        Report is Complete.        Clock
```

Рисунок 3.2. Сгенерированный отчет моделирования в программе GPSS World

7. Для построения гистограммы распределения времени переходим по пути Window>Simulation Window>Table Window, нажать на кнопку «OK» в появившемся окне Open Table Window (рис. 3.3). После чего появится окно с гистограммой распределения времени, необходимого каждому абоненту для установления связи и проведения разговора (рис. 3.4).

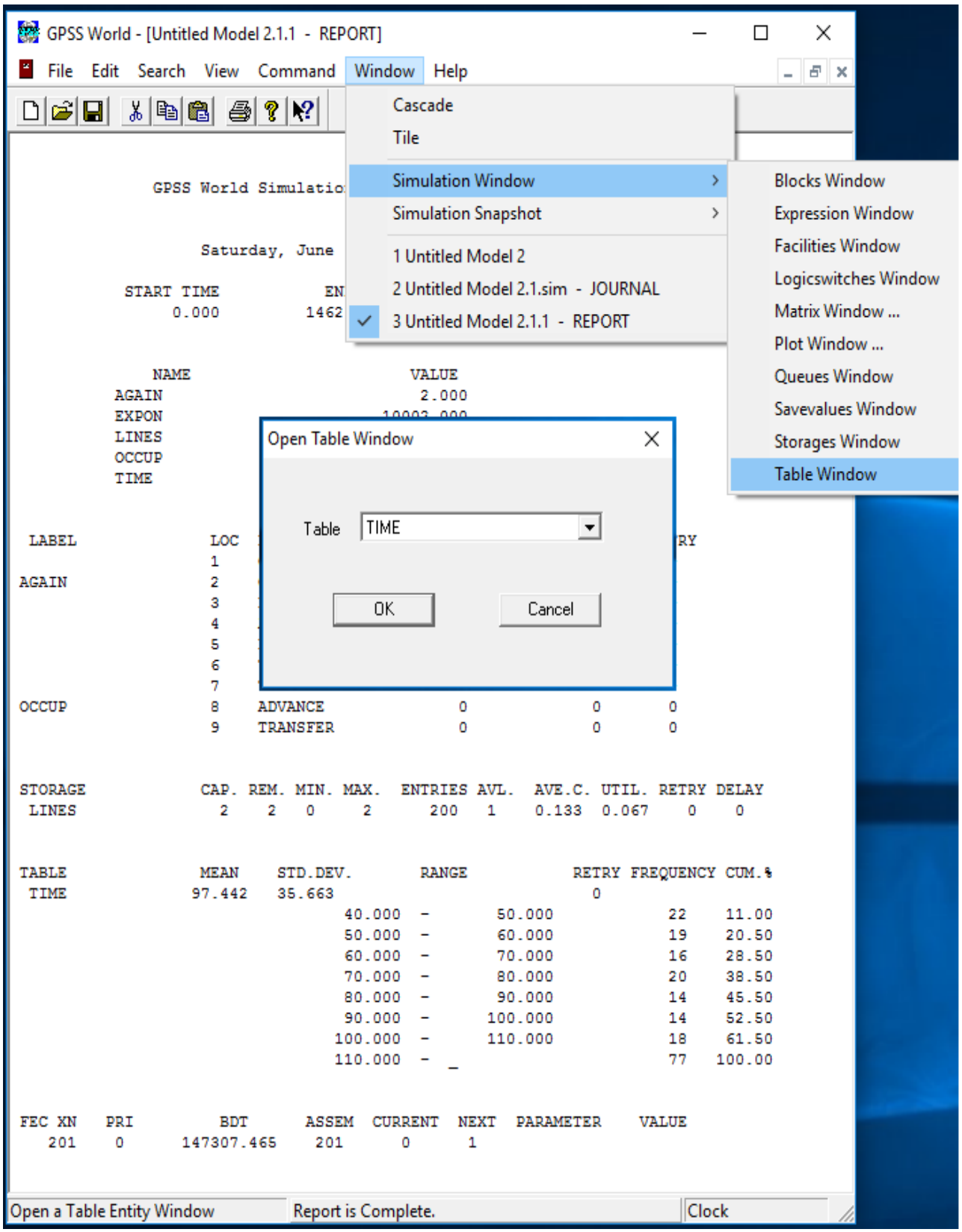


Рисунок 3.3. Снимок экрана GPSS World при запуске Table Window

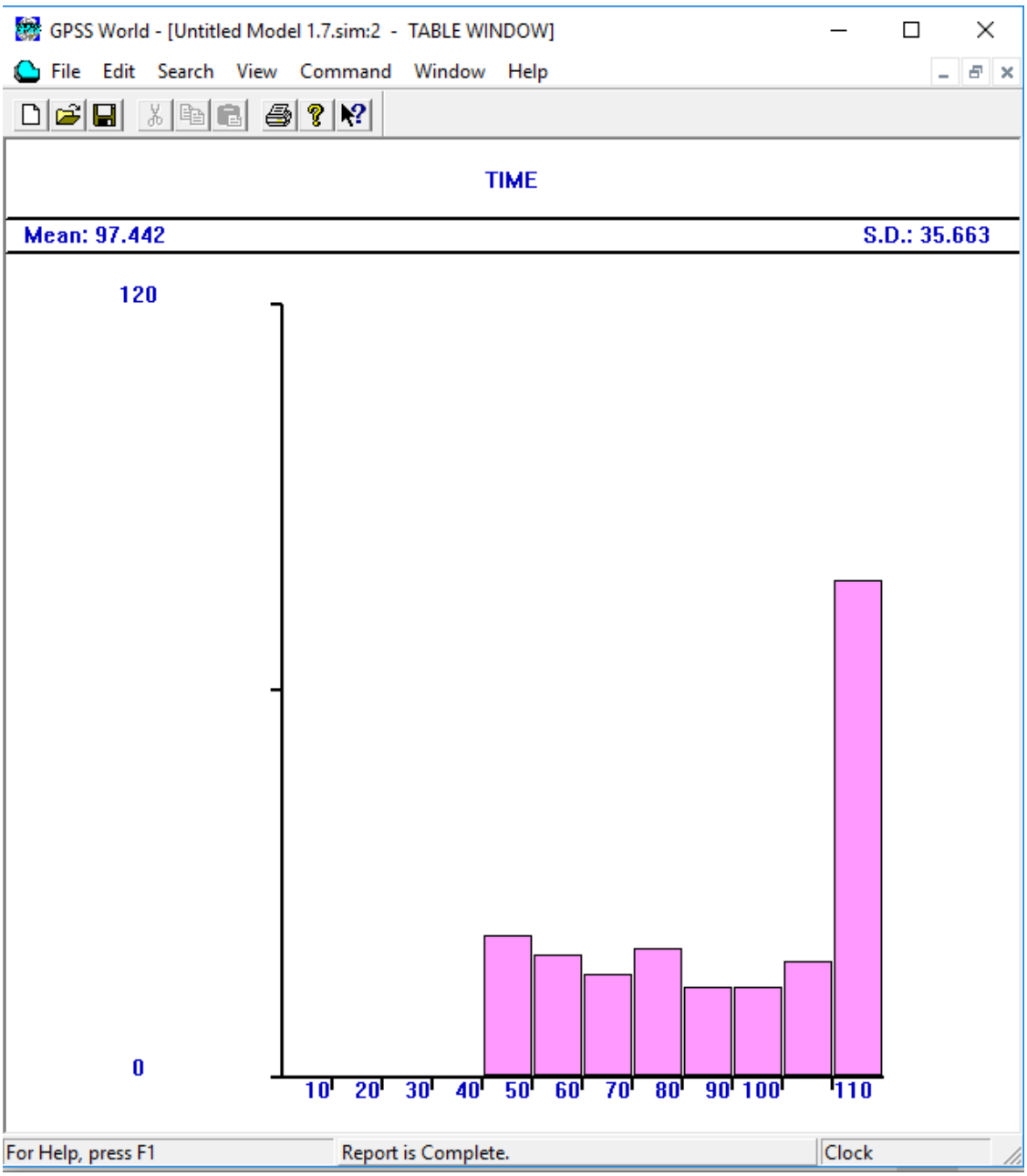


Рисунок 3.4. Гистограмма распределения времени, необходимого каждому абоненту для установления связи и проведения разговора с оператором АДС

Задание для самостоятельного решения:

По исходных данным, представленным в таблице 3.1, смоделировать в программной среде GPSS World работу телефонной сети аварийно-диспетчерской службы в течении смены (8 ч) с определением времени необходимого для реализации X разговоров. Найти коэффициент использования линий, построить гистограмму распределения времени, необходимого каждому абоненту для установления связи и проведения разговора с оператором АДС.

Таблица 3.1

Исходные данные

Вариант	Общее количество разговоров	Частота поступления звонков, сек	Время повторного набора номера если линии заняты, мин	Средняя длительность разговора, сек
1	150	90±60	5±1	100±60
2	100	60±30	4±1	120±60
3	50	120±60	6±1	110±60
4	200	120±90	3±1	60±30
5	230	90±60	5±1	90±60
6	45	60±30	4±1	100±60
7	40	120±60	6±1	120±60
8	50	120±90	3±1	110±60
9	55	90±60	5±1	60±30
10	42	60±30	4±1	90±60

Компьютерный практикум №4. Оценка интенсивности загрузки, вероятности простоя аварийно-диспетчерской службы, времени обработки заявок

Цель работы: освоить принципы графического представления результатов моделирования системы массового обслуживания.

Краткое описание ПО: для выполнения работы потребуется программная среда GPSS World студенческая версия.

Теоретические основы:

Формируемый поток звонков, поступающих диспетчерам АДС с интервалом времени подчинен экспоненциальному закону для β≥0:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x-\lambda}{\beta}}, \qquad (4.1)$$

иначе f(x)=0. Единица измерения времени – минута.

Последовательность выполнения работы:

1. Запускаем GPSS World и нажимаем сочетание клавиш Ctrl+N для создания новой модели (рис. 1.2).

2. Определим исходные данные для моделирования из условий задачи:

Телефонная сеть аварийно-диспетчерской службы имеет две линии связи. Поток звонков, поступающих на в АДС экспоненциальный с параметрами λ=0, β=6,5. Время ответа на первой и второй линии равно 10±2,5 и 13±4 минут соответственно. Звонки автоматически перераспределяется на свободную линию.

Задание:

1) Построить модель работы АДС в течение смены (8 часов);

2) Построить гистограмму функционирования очереди на линиях;

3) Представить графически длину очереди на линиях АДС;

4) Определить коэффициенты загрузки каждой линии; максимальную длину очереди; текущее число абонентов в очереди в каждой линии; среднее время нахождения абонентов в каждой очереди.

Согласно исходным данным листинг программы будет иметь следующий вид:

```
GENERATE (Exponential (1,0,6.5)) ;генерация потока звонков
QUEUE ads ;вход абонента в очередь
TRANSFER both,lin1,lin2 ;переход к свободной линии
lin1 SEIZE lin_1 ;определение занятости линии_1
DEPART ads ;выход из очереди на оператора
ADVANCE 10,2.5 ;обслуживание абонента оператором на линии_1
RELEASE lin_1 ;освобождение линии_1
TRANSFER ,next ;переход на метку
lin2 SEIZE lin_2
DEPART ads
ADVANCE 13,4
```

RELEASE lin_2

next SAVEVALUE Ave_q,QT$ads ;сохранение времени пребывания в очереди

TERMINATE

GENERATE 480 ;моделирование работы АДС в течение 8 часов

TERMINATE 1

ads QTABLE ads,0,3,35

3. Запускаем выполнение моделирования через сочетание клавиш на клавиатуре Ctrl+Alt+S.). На экране появится окно с объявлением о чтении кода (рис. 4.1).

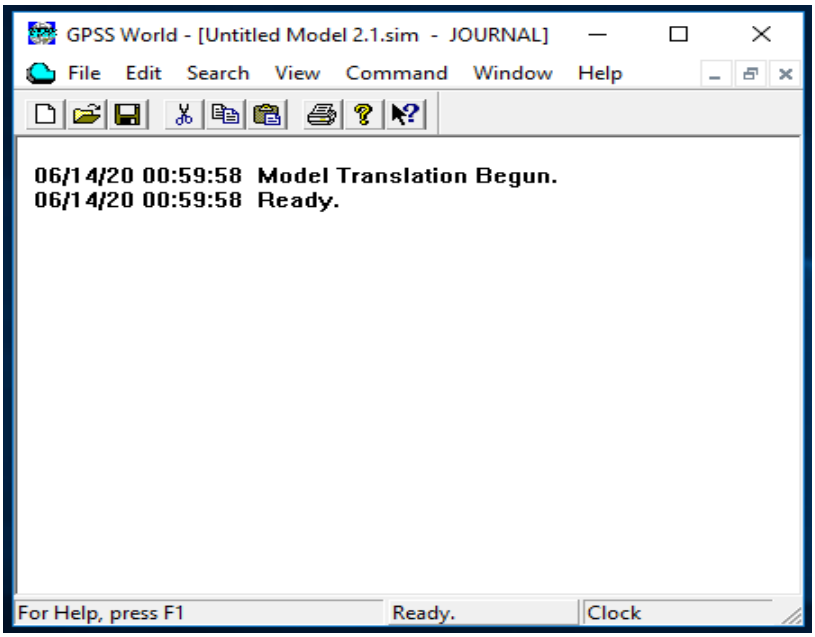


Рисунок 4.1. Снимок экрана с объявлением о чтении кода моделирования

4. Запускаем Edit Pilot Window, находящееся по пути Window>Simulation Window>Plot Window. В появившемся окне вводим исходные данные для построения графика (см. рис. 4.2). После ввода данных нажимает на кнопку «ОК» и получаем сформированные оси графика длины очереди на линиях АДС.

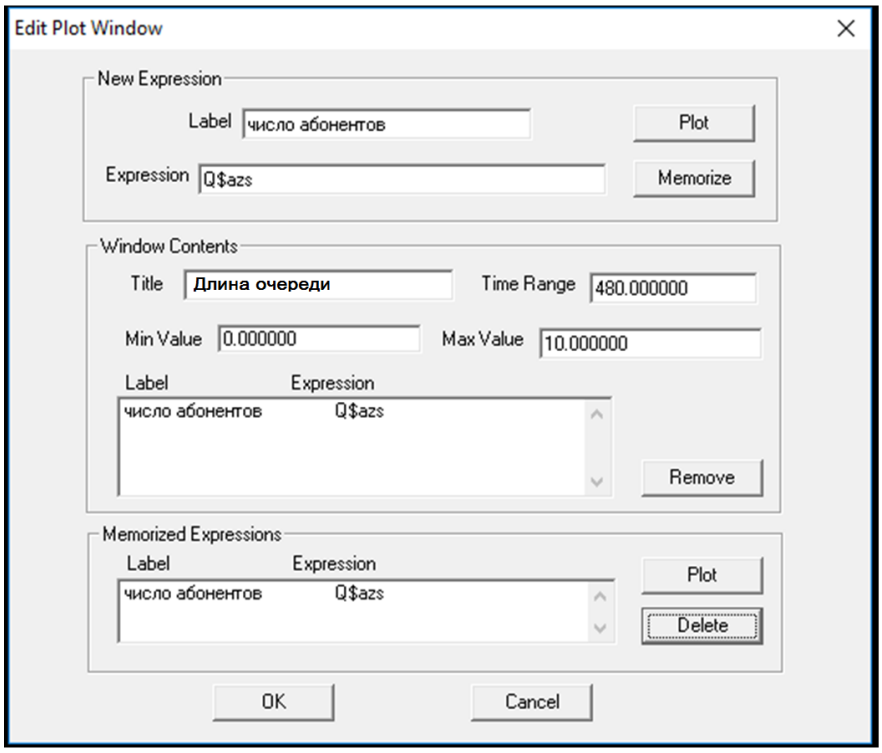


Рисунок 4.2. Снимок экрана с окном Edit Pilot Window

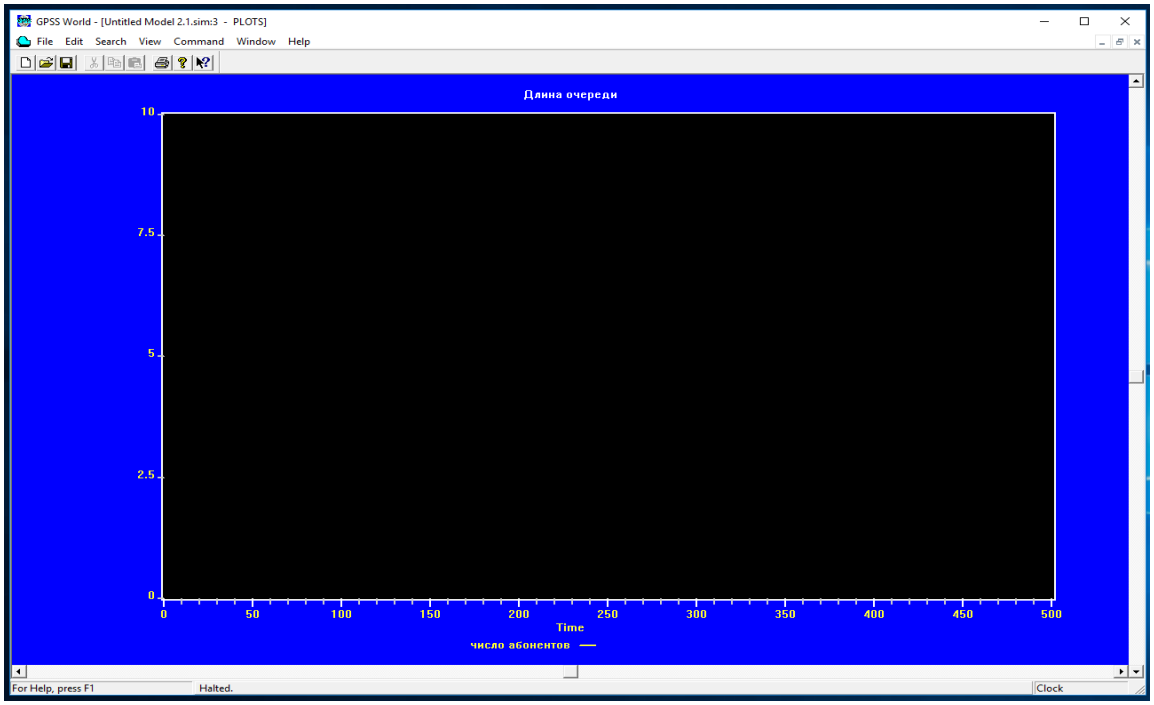


Рисунок 4.3. Сформированные оси графика длины очереди на линиях АДС

5. Запускаем моделирование программы через команду START, которая располагается по пути Command>START. После этого начнется моделирование работы телефонной сети АДС с прорисовкой длины очереди на линиях (см. 4.4).

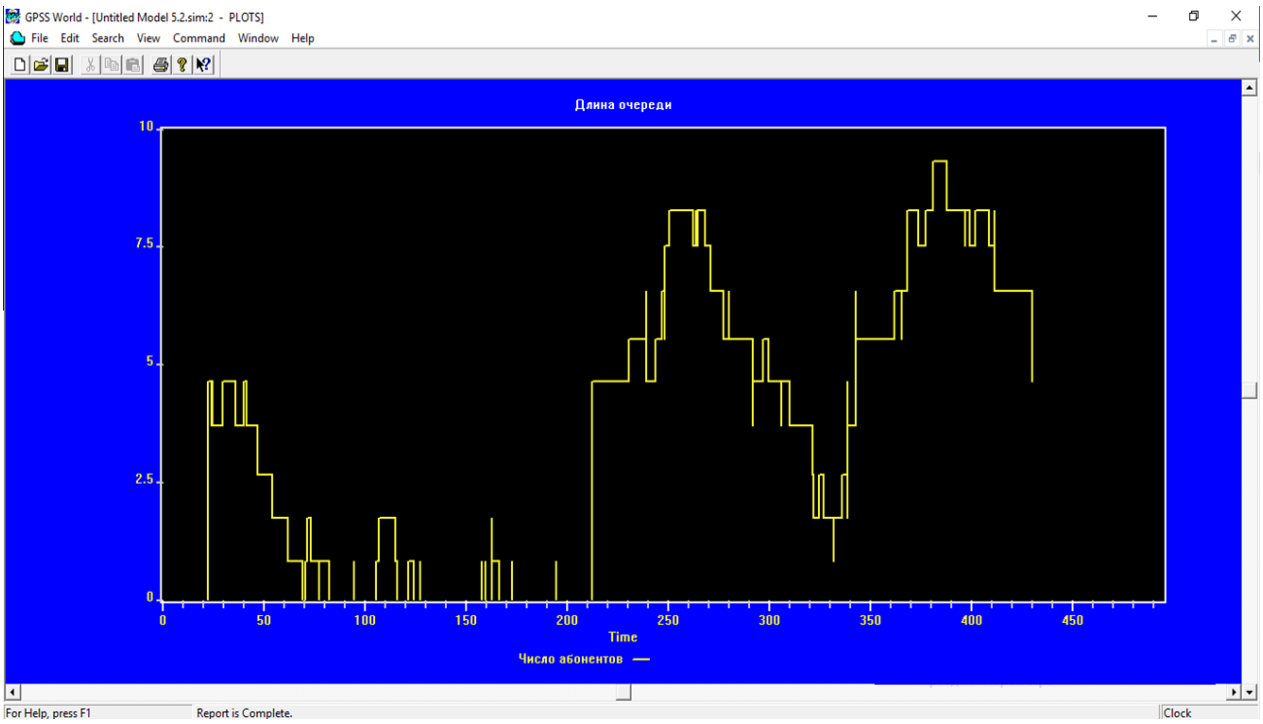
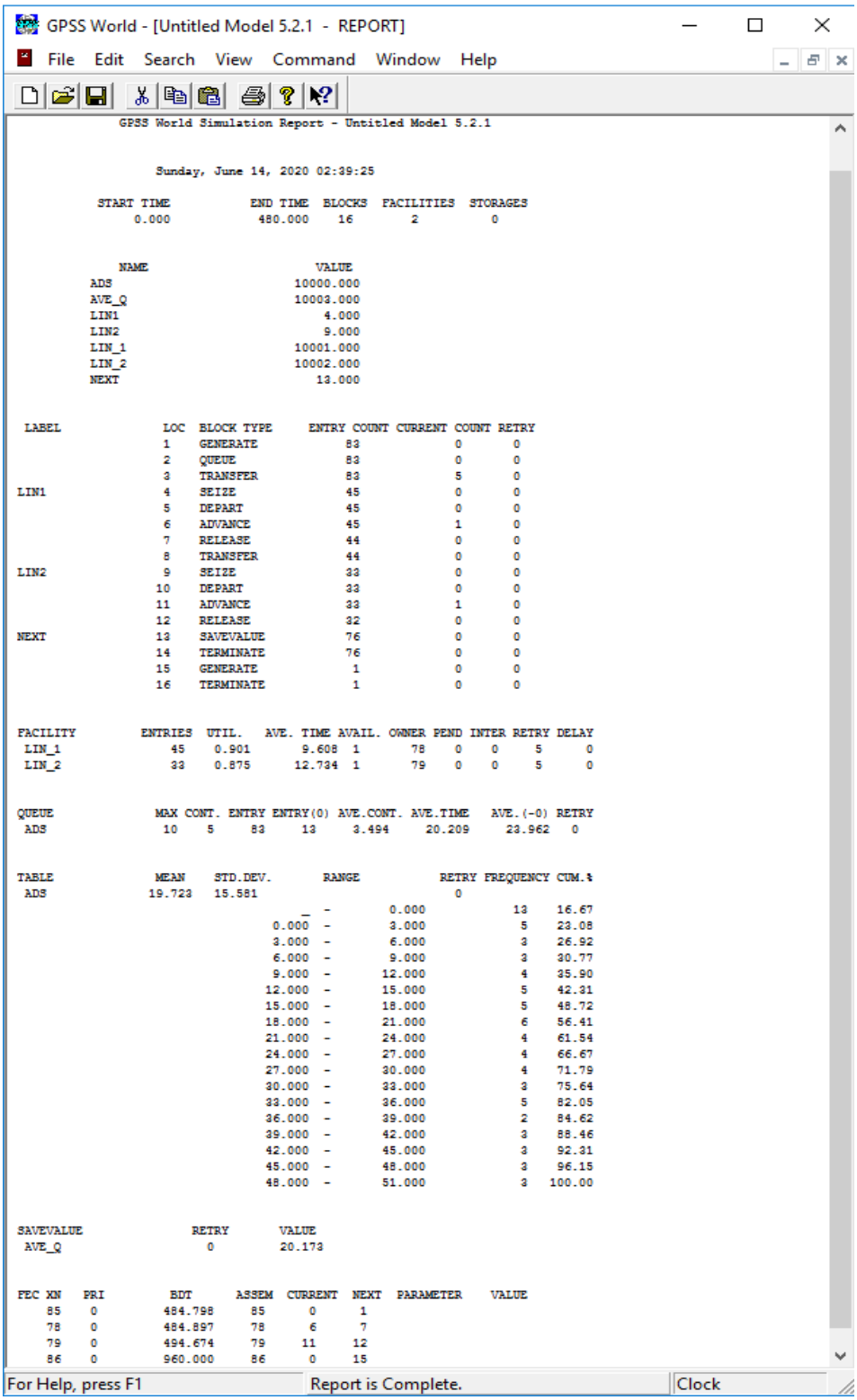


Рисунок 4.3. График длины очереди на линиях АДС.

6. По завершению моделирования отобразится окно с отчетом моделирования (рис. 4.4) с указанием коэффициентов загрузки каждой линии; максимальной длины очереди; текущего числа абонентов в очереди в каждой линии; среднее время нахождения абонентов в каждой очереди и др.



GPSS World - [Untitled Model 5.2.1 - REPORT]

File Edit Search View Command Window Help

```
              GPSS World Simulation Report - Untitled Model 5.2.1


                   Sunday, June 14, 2020 02:39:25

           START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
                0.000           480.000    16        2          0


              NAME                        VALUE
          ADS                           10000.000
          AVE_Q                         10003.000
          LIN1                              4.000
          LIN2                              9.000
          LIN_1                         10001.000
          LIN_2                         10002.000
          NEXT                             13.000


 LABEL              LOC  BLOCK TYPE     ENTRY COUNT CURRENT COUNT RETRY
                     1   GENERATE            83            0       0
                     2   QUEUE               83            0       0
                     3   TRANSFER            83            5       0
LIN1                 4   SEIZE               45            0       0
                     5   DEPART              45            0       0
                     6   ADVANCE             45            1       0
                     7   RELEASE             44            0       0
                     8   TRANSFER            44            0       0
LIN2                 9   SEIZE               33            0       0
                    10   DEPART              33            0       0
                    11   ADVANCE             33            1       0
                    12   RELEASE             32            0       0
NEXT                13   SAVEVALUE           76            0       0
                    14   TERMINATE           76            0       0
                    15   GENERATE             1            0       0
                    16   TERMINATE            1            0       0


FACILITY          ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL. OWNER PEND INTER RETRY DELAY
 LIN_1               45    0.901      9.608  1       78    0    0     5      0
 LIN_2               33    0.875     12.734  1       79    0    0     5      0


QUEUE               MAX CONT. ENTRY ENTRY(0) AVE.CONT. AVE.TIME   AVE.(-0) RETRY
 ADS                 10    5     83     13     3.494     20.209     23.962   0


TABLE               MEAN    STD.DEV.       RANGE           RETRY FREQUENCY CUM.%
 ADS               19.723   15.581                           0
                                     _ -       0.000            13    16.67
                                 0.000 -       3.000             5    23.08
                                 3.000 -       6.000             3    26.92
                                 6.000 -       9.000             3    30.77
                                 9.000 -      12.000             4    35.90
                                12.000 -      15.000             5    42.31
                                15.000 -      18.000             5    48.72
                                18.000 -      21.000             6    56.41
                                21.000 -      24.000             4    61.54
                                24.000 -      27.000             4    66.67
                                27.000 -      30.000             4    71.79
                                30.000 -      33.000             3    75.64
                                33.000 -      36.000             5    82.05
                                36.000 -      39.000             2    84.62
                                39.000 -      42.000             3    88.46
                                42.000 -      45.000             3    92.31
                                45.000 -      48.000             3    96.15
                                48.000 -      51.000             3   100.00


SAVEVALUE                RETRY       VALUE
 AVE_Q                     0         20.173


FEC XN   PRI        BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER    VALUE
    85    0        484.798    85      0       1
    78    0        484.897    78      6       7
    79    0        494.674    79     11      12
    86    0        960.000    86      0      15
```

For Help, press F1 | Report is Complete. | Clock

Рисунок 4.4. Сгенерированный отчет моделирования в программе GPSS World

7. Для построения гистограммы распределения времени переходим по пути Window>Simulation Window>Table Window, нажать на кнопку «OK» в появившемся окне Open Table Window. После чего появится окно с

гистограммой распределения времени, необходимого каждому абоненту для установления связи и проведения разговора (рис. 4.5).

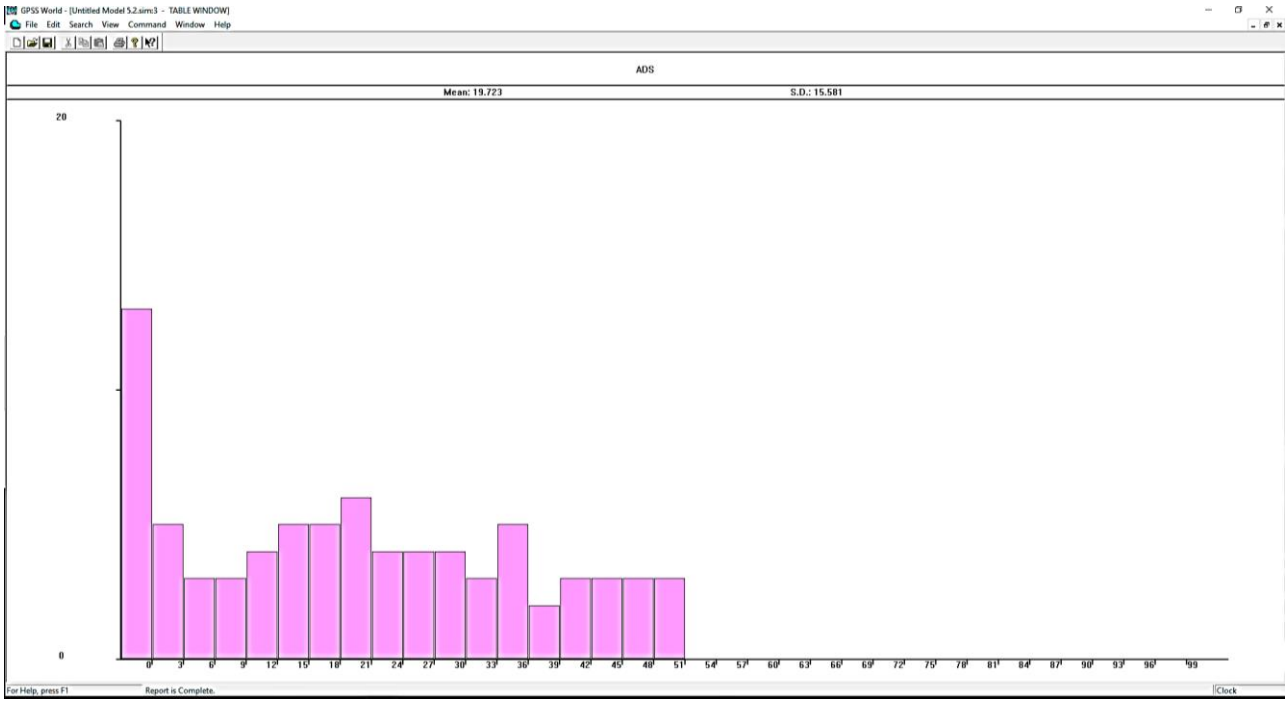


Рисунок 4.5. Гистограмма распределения времени, необходимого каждому абоненту для установления связи и проведения разговора с оператором АДС

Задание для самостоятельного решения:

По исходных данным, представленным в таблице 4.1, смоделировать в программной среде GPSS World работу телефонной сети аварийно-диспетчерской службы в течении смены (8 ч) по экспоненциальному закону распределения с параметрами λ=0, β=6,5. Определить коэффициенты загрузки каждой линии; максимальную длину очереди; текущее число абонентов в очереди в каждой линии; среднее время нахождения абонентов в каждой очереди. Построить гистограмму функционирования очереди на линиях и график длины очереди на линиях АДС.

Таблица 4.1

Исходные данные

Вариант	Время ответа по 1 линии, мин	Время ответа по 2 линии, мин
1	9±3	5±2,5
2	8±2	4±2
3	7±2	6±2

4	10±2	3±1
5	5±1	6±3
6	9±3	5±2,5
7	8±2	4±2
8	7±2	6±2
9	10±2	3±1
10	5±1	6±3

РАЗДЕЛ 2. ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

Компьютерный практикум №5. Перспективное планирование мероприятий технической эксплуатации объектов ЖКХ

Цель работы: освоить методы перспективного планирования мероприятий технической эксплуатации объектов ЖКХ для рационального использования рабочих сил и материально-технических средств для обеспечения требуемого технического состояния здания, режимов работы и условий эксплуатации конструктивных элементов и инженерных систем в течение нормативного срока службы.

Краткое описание ПО: для выполнения работы потребуется программный комплекс MS Office.

Теоретические основы

Любое здание можно рассматривать как систему, каждый элемент которой имеет свой срок службы. Влияние многих случайных факторов природного, техногенного характера приводит к тому, что сроки службы конструктивных элементов и инженерных систем зданий являются случайными величинами. В этой связи, а также с учетом различных аварийных и экстремальных ситуаций сам процесс технической эксплуатации носит случайный характер. Эти обстоятельства обуславливают необходимость прибегать при решении задач по организации технической эксплуатации к математическому аппарату теории надежности.

В общем случае плановые мероприятия технической эксплуатации включают в себя:

- капитальный ремонт;
- текущий ремонт;
- техническое обслуживание и санитарное содержание.

Капитальный ремонт здания представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий по устранению физического износа путем восстановления эксплуатационных характеристик элементов здания без изменения его основных технико-экономических показателей. Он включает замену или усиление отдельных конструктивных элементов и оборудования инженерных систем, а также работы по повышению благоустройства прилегающей территории. Восстановленные в результате капитального ремонта элементы здания по своим характеристикам практически тождественны новым элементам, поэтому вероятность их безотказной работы в момент окончания капитального ремонта практически равна единице $P(Z_{кап})=1$.

Текущий ремонт здания представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий по устранению неисправностей, восстановлению работоспособности элементов здания, а также поддержанию проектных условий их эксплуатации, т.е. это работы имеют две направленности - предохранение элементов зданий от преждевременного износа и обеспечение их работоспособного состояния. По завершению текущего ремонта основные технические характеристики элементов здания остаются без изменения, поэтому вероятность их безотказной работы сохраняется на прежнем уровне.

Вследствие того, что срок службы здания значительно больше срока службы его отдельных элементов, в течение всего эксплуатационного периода приходится их заменять, или ремонтировать один, или несколько раз. Следовательно, условием назначения здания на плановый ремонт является не только наличие неисправностей, требующих восстановительных работ, но и

истечение сроков службы конструктивных элементов, которые необходимо заменить.

Своевременно проведенные плановые ремонты предупреждают нарушение нормальной работы конструкций. Однако вероятностный характер возникновения неисправностей приводит к тому, что не исключены непредвиденные неисправности, которые устраняются в процессе проведения непредвиденных и аварийных ремонтов. Так, выборочный капитальный ремонт включает несколько наиболее срочных и необходимых работ, которые не могут быть приурочены к очередному комплексному плановому ремонту. Аварийный ремонт выполняется для ликвидации последствий аварий, повреждений, вызванных стихийными бедствиями, серьезными нарушениями эксплуатационного режима и другими экстремальными ситуациями (пожарами, взрывами и т.д.).

Таким образом, *система планово-предупредительных ремонтов зданий (ППР)* представляет собой совокупность технических и организационных мероприятий по текущему и капитальному ремонту зданий, их техническому обслуживанию, выполняемых по заранее составленному плану, т.е. с определенной последовательностью и периодичностью, для предупреждения преждевременного износа и безотказной работы элементов здания с условием минимизации эксплуатационных затрат.

Целью управления системой ППР является рациональное использование сил и средств для обеспечения требуемого технического состояния, режимов работы и условий эксплуатации конструктивных элементов и инженерных систем, обеспечивающих комфортное и безопасное состояние для проживающих в доме и пользующихся прилегающей к нему территорией людей в течение нормативного срока службы.

Основными этапами управление системой ППР являются:

- планирование (перспективное и текущее) мероприятий с учетом нормативных требований к наработке конструкций и инженерных систем,

прогнозируемого остаточного ресурса и возможных возникновений неисправностей в межремонтные периоды;

•оперативное управление, заключающееся в обеспечении процесса ППР требуемыми ресурсами, контроле за выполнением работ, корректировке планов и технологий с учетом возникающих специфических обстоятельств.

Задача оптимизации при планировании эксплуатационных мероприятий заключается в определении рационального состава профилактических работ, расчета их объема и периодичности выполнения таким образом, чтобы обеспечить:

•гарантированный уровень надежности элементов и систем здания на заданный период времени;

•минимизацию затрат на эксплуатацию как единовременных, так и случайных, вызванных внезапными нарушениями;

•рациональное использование технических ресурсов конструктивных элементов и инженерных систем.

В качестве критериев оценки принятых решений могут служить вероятность безотказной работы, коэффициент готовности, частота возникновения неисправностей, приведенные эксплуатационные затраты, затраты труда на определенный вид работ, продолжительность выполнения ремонтов, технического обслуживания, наладки и т.д.

При перспективном планировании мероприятий технической эксплуатации какого-либо многоквартирного дома сроки проведения плановых ремонтов целесообразно подбирать таким образом, чтобы, очередной ремонт проводился в срок, максимально соответствующий принятому общему графику технической эксплуатации для всего дома, и на этот срок приходилось максимальное число окончаний нормативных сроков службы элементов (рис. 5.1).

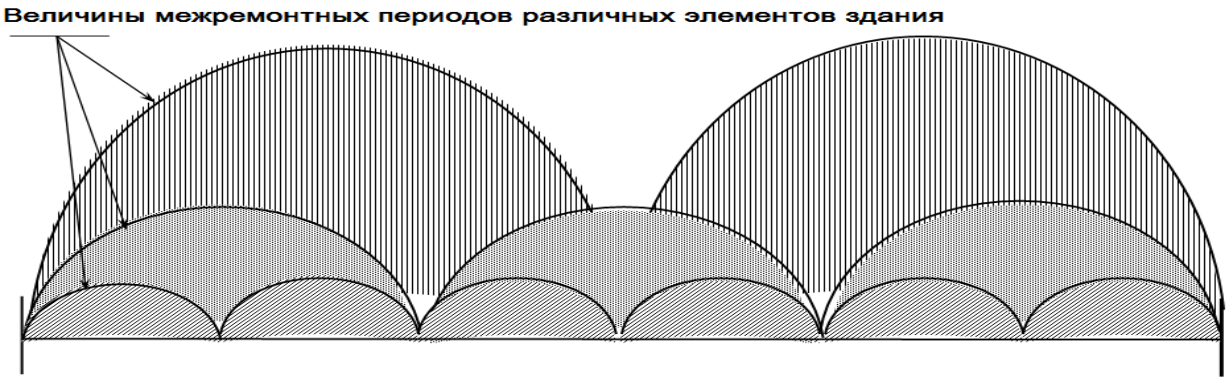


Рисунок 5.1. Определение кратности оптимальных межремонтных периодов проведения ремонтов элементов здания

Недостатком такого планирования является недоиспользование ресурса ряда элементов здания, поскольку их восстановление не связано с техническим состоянием на момент ремонта. С другой стороны, преимущество планирования ремонтно-восстановительных заключается в гарантировании с достаточной степенью достоверности требуемого уровня надежности объекта. Поэтому схему строго периодических ремонтов предпочтительно применять при перспективном планировании комплексных капитальных ремонтов и уточнять в моменты наступления плановых сроков.

Последовательность выполнения работы:

1. Запустить MS Excel в режиме разметки страницы и на листе создать таблицу по форме, представленной на рис. 5.2.

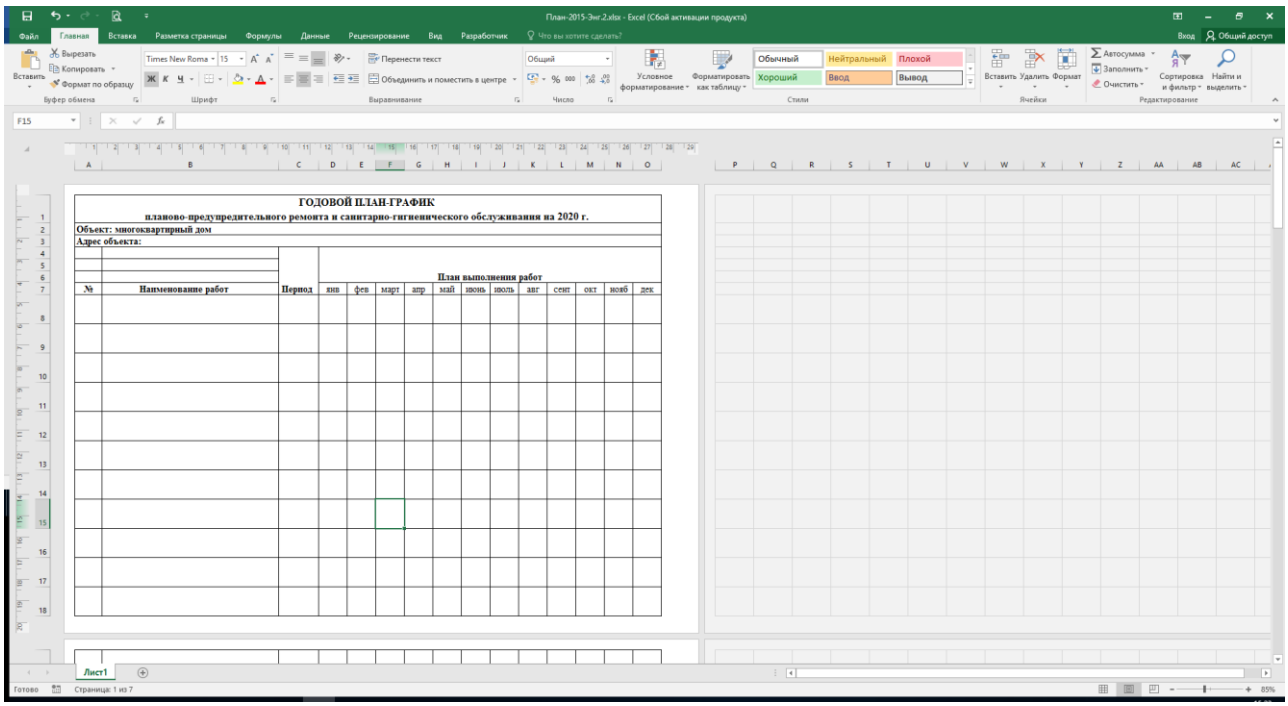
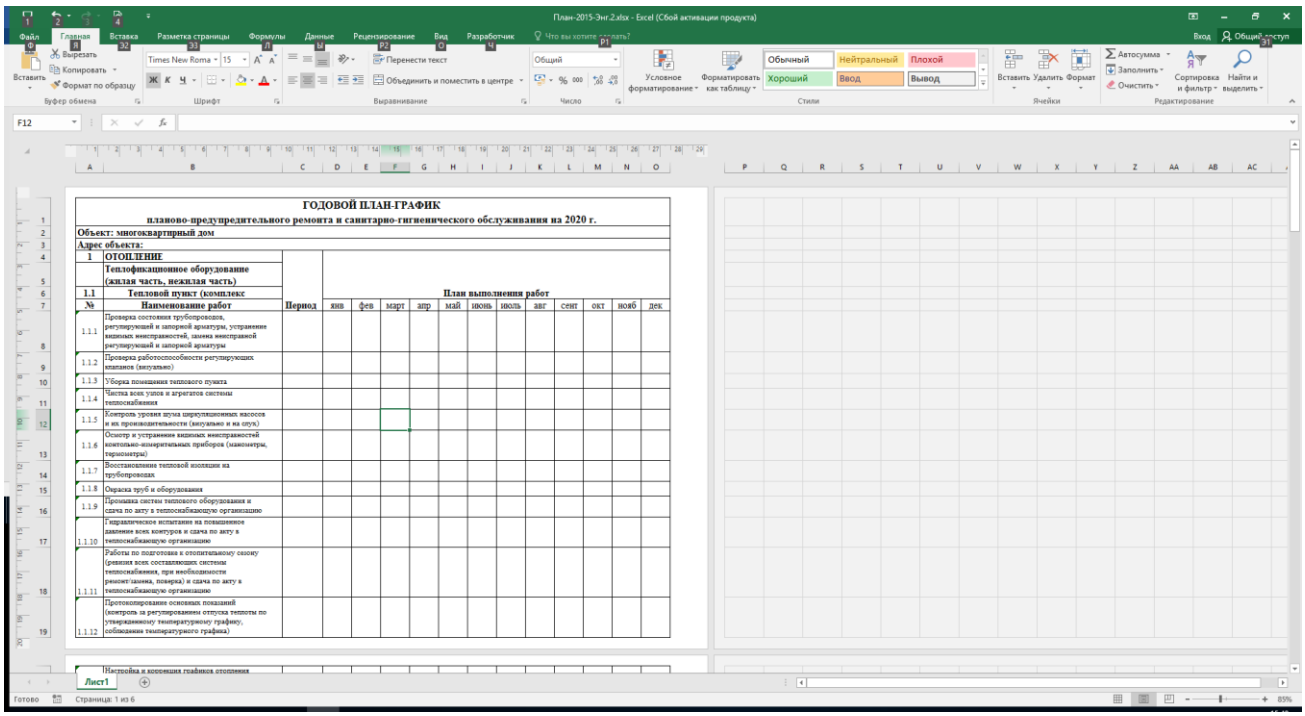


Рисунок 5.2. Снимок экрана с формой таблицы годового плана ППР ремонтов и санитарно-гигиенического обслуживания

2. По приложению 4 ВСН 58-88 «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения» составить перечень основных мероприятий по техническому обслуживанию здания.

3. Заполнить созданную форму по разделам (1; 2; 3 и т.д.) конструктивных элементов и инженерных систем. Если в инженерной системе или конструктиве несколько элементов, то следует указывать в столбце «№» отношение к системе или конструктиву через подразделы (1.1; 2.1; 3.1 и т.д.) Мероприятия, которые делятся на несколько работ необходимо вносить в отдельную ячейку с указанием в столбце «№» отношение к мероприятиям через пункты (1.1.1; 2.1.1; 3.1.1 и т.д.) (см. рис. 5.3).

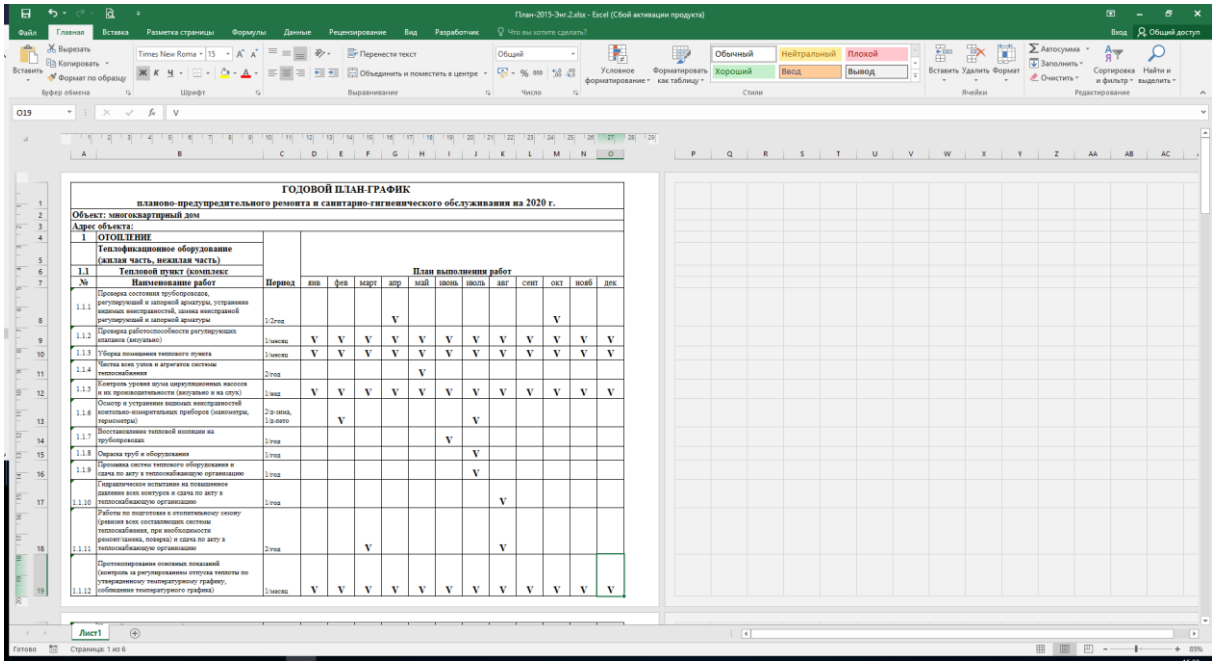


ГОДОВОЙ ПЛАН-ГРАФИК
планово-предупредительного ремонта и санитарно-гигиенического обслуживания на 2020 г.
Объект: многоквартирный дом
Адрес объекта:

№	Наименование работ	Период	План выполнения работ											
			янв	фев	март	апр	май	июнь	июль	авг	сент	окт	нояб	дек
1	ОТОПЛЕНИЕ													
	Теплофикационное оборудование (жилая часть, нежилая часть)													
1.1	Тепловой пункт (комплекс													
1.1.1	Проверка состояния трубопроводов, регулирующей и запорной арматуры, устранение видимых неисправностей, замена неисправной регулирующей и запорной арматуры													
1.1.2	Проверка работоспособности регулирующих клапанов (визуально)													
1.1.3	Уборка помещения теплового пункта													
1.1.4	Чистка всех узлов и агрегатов системы теплоснабжения													
1.1.5	Контроль уровня шума циркуляционных насосов и их производительности (визуально и на слух)													
1.1.6	Осмотр и устранение видимых неисправностей контрольно-измерительных приборов (манометры, термометры)													
1.1.7	Восстановление тепловой изоляции на трубопроводах													
1.1.8	Окраска труб и оборудования													
1.1.9	Промывка систем теплового оборудования и сдача по акту в теплоснабжающую организацию													
1.1.10	Гидравлическое испытание на повышенное давление всех контуров и сдача по акту в теплоснабжающую организацию													
1.1.11	Работы по подготовке к отопительному сезону (ревизия всех составляющих системы теплоснабжения, при необходимости ремонт(замена, поверка) и сдача по акту в теплоснабжающую организацию													
1.1.12	Протокопирование основных показаний (контроль за регулированием отпуска теплоты по утвержденному температурному графику, соблюдение температурного графика)													

Рисунок 5.3. Заполненная формой таблицы годового плана ППР ремонтов и санитарно-гигиенического обслуживания по столбцу «Наименование работ»

4. По приложению 5 ВСН 58-88 «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения» определить периодичность выбранных основных мероприятий по техническому обслуживанию здания. Заполнить столбец «Период» и распределить работы по месяцам в течении года эксплуатации здания (рис. 5.4).



ГОДОВОЙ ПЛАН-ГРАФИК
планово-предупредительного ремонта и санитарно-гигиенического обслуживания на 2020 г.
Объект: многоквартирный дом
Адрес объекта:

№	Наименование работ	Период	План выполнения работ											
			янв	фев	март	апр	май	июнь	июль	авг	сент	окт	нояб	дек
1	ОТОПЛЕНИЕ													
	Теплофикационное оборудование (жилая часть, нежилая часть)													
1.1	Тепловой пункт (комплекс													
1.1.1	Проверка состояния трубопроводов, регулирующей и запорной арматуры, устранение видимых неисправностей, замена неисправной регулирующей и запорной арматуры	1:2год				V						V		
1.1.2	Проверка работоспособности регулирующих клапанов (визуально)	1:месяц	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
1.1.3	Уборка помещения теплового пункта	1:месяц	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
1.1.4	Чистка всех узлов и агрегатов системы теплоснабжения	2:год					V							
1.1.5	Контроль уровня шума циркуляционных насосов и их производительности (визуально и на слух)	1:мес	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
1.1.6	Осмотр и устранение видимых неисправностей контрольно-измерительных приборов (манометры, термометры)	2:р-нма, 1:р-него		V					V					
1.1.7	Восстановление тепловой изоляции на трубопроводах.	1:год						V						
1.1.8	Окраска труб и оборудования	1:год							V					
1.1.9	Промывка систем теплового оборудования и сдача по акту в теплоснабжающую организацию	1:год							V					
1.1.10	Гидравлическое испытание на повышенное давление всех контуров и сдача по акту в теплоснабжающую организацию	1:год								V				
1.1.11	Работы по подготовке к отопительному сезону (ревизия всех составляющих системы теплоснабжения, при необходимости ремонт(замена, поверка) и сдача по акту в теплоснабжающую организацию	2:год			V					V				
1.1.12	Протокопирование основных показаний (контроль за регулированием отпуска теплоты по утвержденному температурному графику, соблюдение температурного графика)	1:месяц	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

Рисунок 5.4. Заполненная формой таблицы годового плана ППР ремонтов и санитарно-гигиенического обслуживания

Задание для самостоятельного решения:

Разработать годовой план-график планово-предупредительных ремонтов для МКД по исходным данным, представленным в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Исходные данные

Вариант	Конструктивный элемент или инженерная система
1	Кровля
2	Лестничные клетки, переходные балконы, помещения общего пользования, мусоропровод
3	Подвал, технический этаж
4	Фасад
5	Санитарно-гигиеническое обслуживание
6	Лифты, общие работы
7	Система горячего и холодного водоснабжения
8	Система электроснабжения
9	Система газоснабжения
10	Система вентиляции

Компьютерный практикум №6. Выполнение многокритериальной оптимизации проектного решения ремонтов

Цель работы: Освоить методы многокритериальной оптимизации проектного решения ремонтов.

Краткое описание ПО: для выполнения работы потребуется программный комплекс MS Office.

Теоретические основы

Нормативный срок службы здания определяется долговечностью основных несущих конструкций – фундаментов, стен, перекрытий, т.е. группой капитальности (см. табл. 6.1). Остальные конструктивные элементы здания, а также инженерное оборудование менее долговечны, поэтому за период

эксплуатации, при проведении плановых капитальных ремонтов, они могут заменяться несколько раз (рис. 6.1).

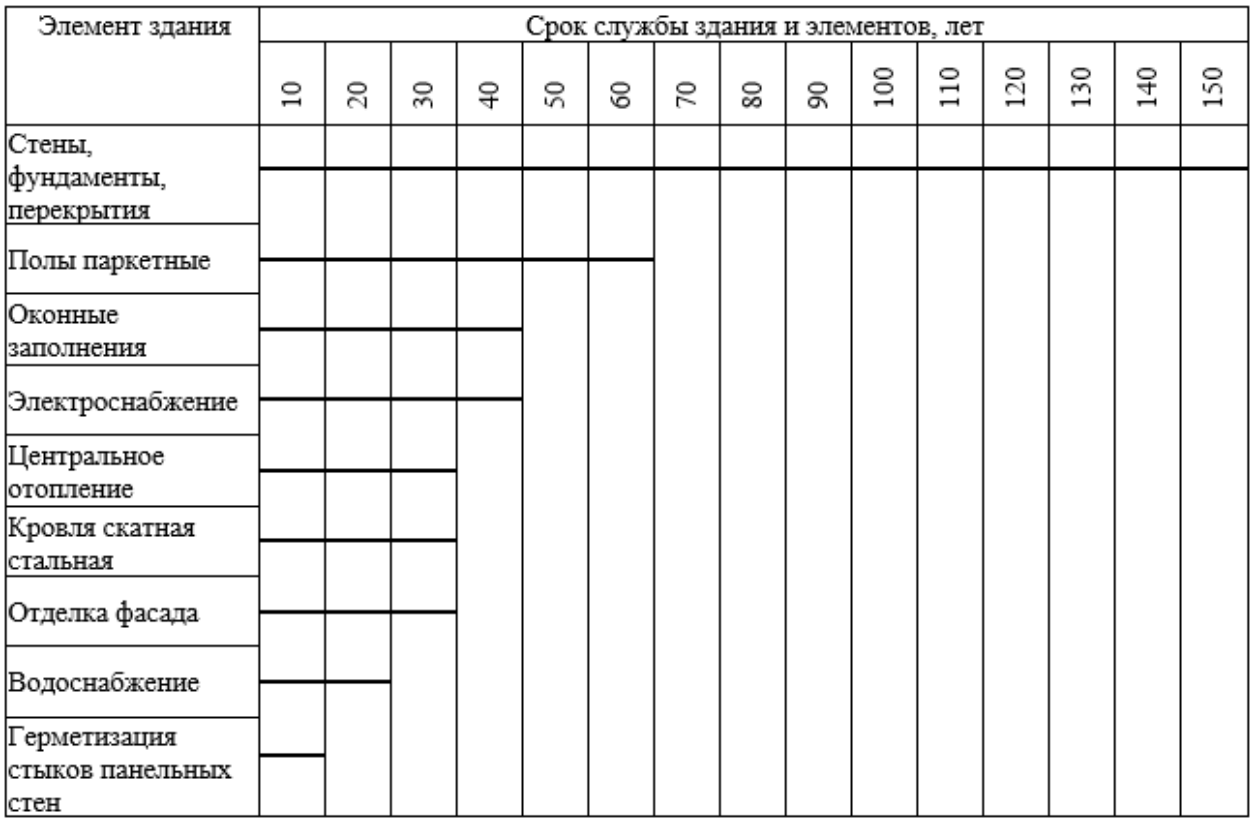


Рисунок 6.1. Пример соотношения сроков службы некоторых элементов здания

Частота замены элементов оказывает существенное влияние на уровень эксплуатационных затрат и обусловлена решениями, принимаемыми на стадии проектирования, качеством строительных работ, эксплуатационных мероприятий, их своевременностью, учетом негативных факторов воздействия на элементы и т.п.

При планировании капитального ремонта здания разрабатывается проектная документация, которая позволяет решить задачу правильного подбора оптимальных с точки зрения долговечности и стоимости конструктивных элементов.

Таблица 6.1

Нормативный срок службы здания в зависимости от группы капитальности

Группа капитальности	Характеристика зданий и их конструктивных элементов	Срок службы здания, год

I	Здания каменные особо капитальные, стены кирпичные толщиной более 2,5 кирпича или кирпичные с железобетонным или металлическим каркасом, перекрытия железобетонные или бетонные Здания с крупнопанельными стенами (кроме трехслойных), перекрытия железобетонные (кроме скорлупных), высотой более 5 этажей	150
II	Здания каменные обыкновенные, с кирпичными стенами толщиной до 2,5 кирпича, перекрытия железобетонные, бетонные или деревянные Здания с крупноблочными стенами с железобетонными перекрытиями	125
III	Здания каменные облегченные, со стенами из облегченной кладки из кирпича, монолитного шлакобетона, легких шлакоблоков, перекрытия железобетонные, бетонные или деревянные Здания со стенами из трехслойных железобетонных панелей или с перекрытиями из скорлупных панелей высотой до 5 этажей	100

С экономической точки зрения оптимальным является такое решение, при котором приведенные затраты имеют наименьшее значение. В этой связи эксплуатационная экспертиза вариантов проекта капитального ремонта здания заключается в следующем: производится оценка выбранных конструктивных решений с позиции приведенных затрат на рассматриваемый ремонт и всех последующих ремонтов, отнесенных к настоящему времени. Оценка выполняется методом заранее учтенной стоимости по формуле:

$$C_{прив}(Z_{нач}) = \frac{C(Z_{расч})}{(1+\eta)^{Z_{расч}}} \qquad (6.1)$$

где, $C_{прив}(Z_{нач})$ – приведенные затраты к моменту анализа конструктивного решения (перспективные материальные вложения), тыс. руб.; $C(Z_{расч})$ – средства, выделяемые в расчетный момент времени $Z_{расч}$, тыс. руб.; η – процентная банковская ставка, принимаемая по данным ЦБ РФ.

При строго определенной периодичности капитальных ремонтов $Z^{пл}$ с учетом различной стоимости каждого ремонта, все предстоящие приведенные затраты к начальному моменту времени Z_0 определяются как:

$$C_{прив}(Z_0) = \frac{C_1(Z_1^{пл})}{(1+\eta)^{Z_1^{пл}}} + \frac{C_2(Z_2^{пл})}{(1+\eta)^{Z_2^{пл}}} + \ldots + \frac{C_m(Z_m^{пл})}{(1+\eta)^{Z_m^{пл}}} = \sum_{i=1}^{N} \frac{C_i(Z_j^{пл})}{(1+\eta)^{Z_j^{пл}}} \qquad (6.2)$$

где, $C_{прив}(Z_0)$ – все приведенные затраты к начальному моменту оценки конструктивного решения, тыс. руб.; $C_i(Z_j^{пл})$ – затраты на i-тый ремонт, проводимый в j-тый момент времени, тыс. руб.; $Z_j^{пл}$ – расчетный момент времени от начального момента оценки конструктивного решения до времени проведения j-го ремонта, год; m – число ремонтов.

Процентные банковские ставки в каждом межремонтном периоде могут отличаться. Однако, учитывая значительную продолжительность межремонтных периодов и срока службы здания в целом, изменением процентной ставки можно пренебречь.

При выборе оптимального конструктивного решения здания необходимо учитывать дискретность восстановления элементов здания, а также необходимость комплексного проведения ремонтных работ (см. рис. 5.1). Для этой цели производится корректировка периодичности замен конструкций. Выбирается элемент, имеющий наименьшую долговечность, т.е. наименьший срок службы $Z^{ср}_{min}$. Долговечность этого элемента в дальнейшем является межремонтным периодом для всего многоквартирного дома. Все остальные элементы заменяются через период, кратный межремонтному периоду (округления производятся в меньшую сторону). При этом последняя замена конструкции должна обеспечить ее работоспособность до завершения

остаточного срока службы многоквартирного дома $Z^{ост}$, который определяется по упрощенной методике, как:

$$Z^{ост} = Z^{норм} - Z^{экспл} = Z^{норм} - (Z^{тек} - Z^{возв}) \qquad (6.3)$$

где, $Z^{ост}$ – остаточный срок службы здания, лет; $Z^{норм}$ – нормативный срок службы здания, определяемый по табл. 6.1, лет; $Z^{экспл}$ – продолжительность эксплуатации здания, лет; $Z^{тек}$ – год оценки технического состояния здания, год; $Z^{возв}$ – год возведения здания и ввода его в эксплуатацию, год.

Таблица 6.2

Нормативные сроки эффективной эксплуатации элементов многоквартирного дома

Элемент	Нормативный средний срок службы, лет
Утепляющие слои чердачных перекрытий из:	
пенобетона, пеностекла	80
цементного фибролита, минераловатных плит без связующего	30
керамзитового гравия, шлака	90
эковаты	15
минеральной ваты, минераловатных плит на синтетическом вяжущем	25
экспандированных пенополистирольных плит	60
пенополиуретана	50
Перегородки:	
шлакобетонные, бетонные, кирпичные	80
гипсовые, гипсоволокнистые	60
из гипсоцементных листов по деревянному или металлическому профилированному каркасу	30
деревянные оштукатуренные	30
Крыши:	
- *несущие конструкции:*	
из железобетонных элементов	100
из деревянных элементов	60
деревянная обрешетка	60
- *утепляющие слои совмещенных бесчердачных крыш:*	
из пенобетона, пеностекла	70

Элемент	Нормативный средний срок службы, лет
из керамзита, шлака	90
из минеральной ваты	25
из минераловатных плит без связующего	40
- *кровля:*	
из оцинкованной стали	30
из черной стали	15
из металлочерепицы	40
из рулонных материалов на окисленном битуме	10
из рулонных битумнополимерных материалов на модифицированном битуме	25
из штучных битумнополимерных материалов на модифицированном битуме (шинглс-мягкая черепица)	20
из рулонных полимерных (эластомерных) материалов	40
из рулонных полимерных (термопластичных) материалов	50
безрулонные (обмазочные) мастичные по ГОСТ 30693 битумные	10
безрулонные (обмазочные) мастичные битумно-полимерные	25
безрулонные (обмазочные) мастичные полимерные	30
безрулонные наливные полимерные типа коелана	25
из керамической черепицы, из цементно-песчаной черепицы	80
из хризотилцементных листов и плиток и волнистого шифера	30
волнистые битумно-полимерные листы типа ондулин	30
Окна и двери:	
деревянные переплеты	40
металлические переплеты	50
стеклопакеты клееные по ГОСТ 24866	30
профили поливинилхлоридные для оконных и дверных блоков по ГОСТ 30673	40
паропроницаемые материалы для наружного слоя монтажного шва	20
Элементы фасада:	

Элемент	Нормативный средний срок службы, лет
- *герметизация стыков:*	
мастики герметизирующие отверждающиеся (тиоколовые полиуретановые, силиконовые)	15
мастики герметизирующие нетвердающиеся (бутиловые)	8
герметики высыхающие (акриловые)	5
ленточные типа герлен	6
прокладочные (пористые уплотняющие прокладки для межпанельных стыков по ГОСТ 25621)	7
- *облицовка:*	
цементными офактуренными плитками	60
керамической плиткой	70
естественным камнем	80
- *штукатурка по кирпичу раствором:*	
сложным	30
известковым	18
полимерцементным	20
штукатурка по дереву	15
- *лепные детали:*	
цементные	30
гипсовые	8
полистирольные оштукатуренные	12
Гидроизоляция подземная:	
битумная обмазочная	11
битумная окрасочная	9
битумная оклеечная на основе окисленныъх битумов	12
битумная оклеечная на основе модифицированных битумов	22
на основе бентонитовых глин	120
на основе цементов	75
пенетрирующая	80
рулонная полимерная сварная	50
рулонная полимерная склеиваемая	40
инъекционная на основе силикатов	15
инъекционная на основе цементов	60

Элемент	Нормативный средний срок службы, лет
инъекционная на основе полимеров	30
Инженерные системы:	
- *трубопроводы холодного водоснабжения из труб:*	
стальных оцинкованных	30
газовых черных	15
напорных из термопластов по ГОСТ Р 52134-2003	50
- *трубопроводы горячего водоснабжения из труб:*	
стальных оцинкованных	25
газовых черных	10
напорных из термопластов по ГОСТ Р 52134-2003	40
- *трубопроводы канализации и внутренних водостоков:*	
чугунные	50
керамические	60
из полипропилена по ГОСТ Р 52134, из поливинилхлорида по ГОСТ Р 51613	60
-*элементы систем отопления:*	
трубопроводы систем отопления стальные	40
трубы напорные из термопластов по ГОСТ Р 52134-2003	50
радиаторы чугунные	50
конвекторы и стальные радиаторы	30
радиаторы биметаллические	30
калориферы стальные	15
греющие панели	30
- *внутридомовое электрооборудование:*	
электропроводка скрытая	40
электропроводка открытая	25
вводы и магистральная разводка	30
сети питания лифтовых установок и системы дымоудаления	15
- *системы:*	
противопожарной автоматики и дымоудаления	8
диспетчеризации	15
- *мусоропроводы:*	
мусоросборная камера	30

Элемент	Нормативный средний срок службы, лет
ствол	60

Ход выполнения работы:

1. Запустить Excel в режиме разметки страницы, создать таблицу по форме, представленной на рис. 6.1.

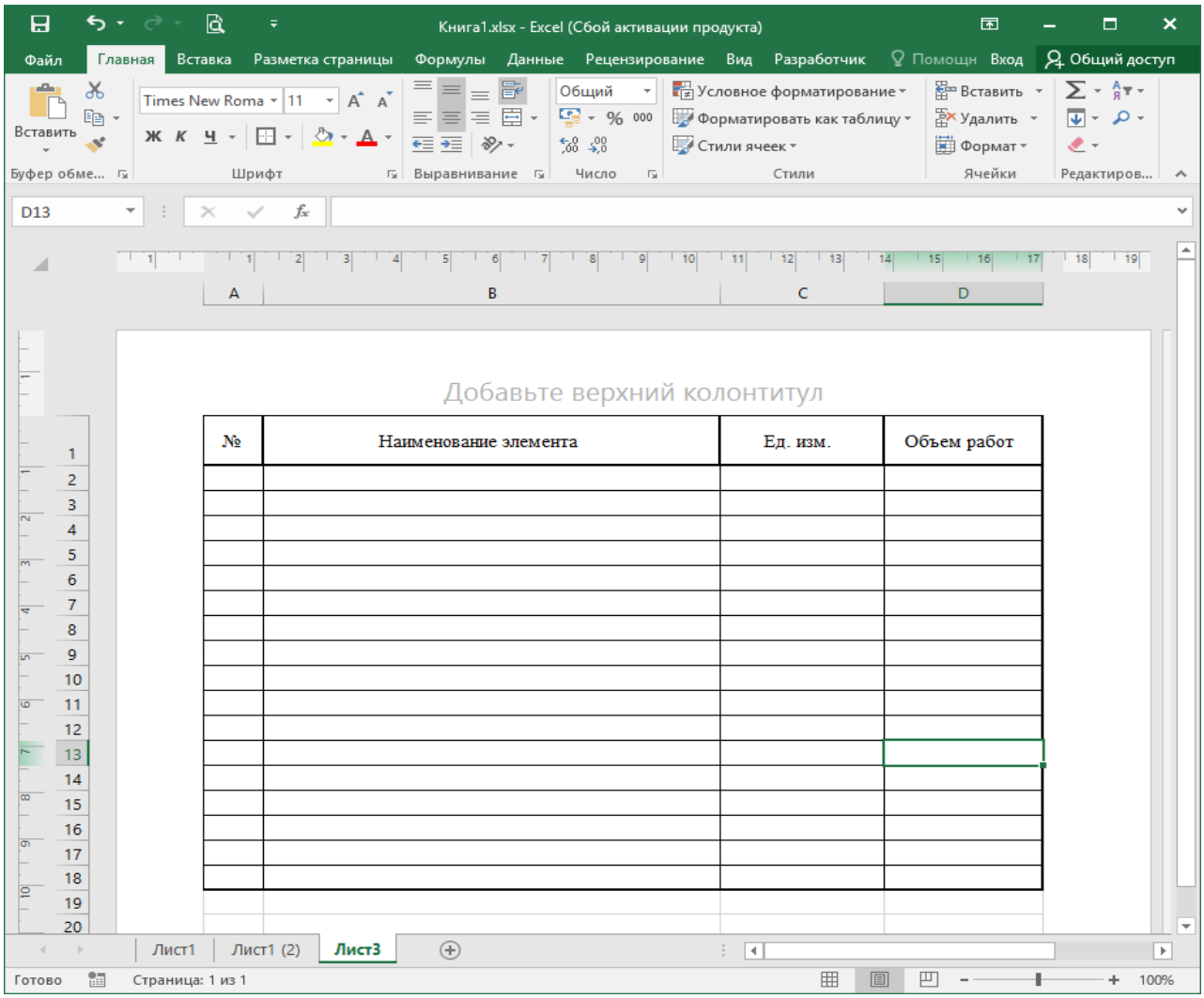


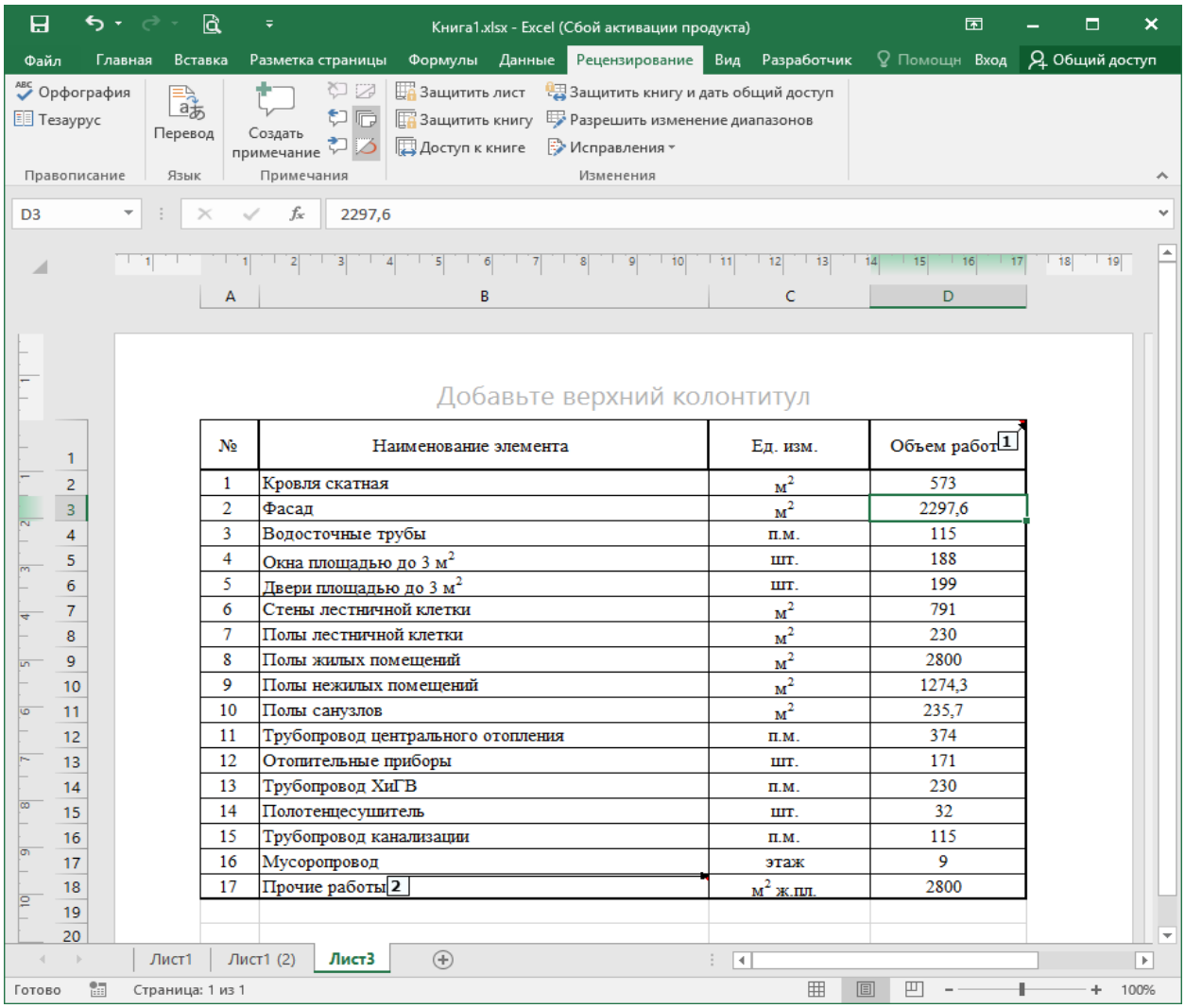
Рисунок 6.2. Ведомость подсчета объемов работ

2. Заполнить форму (рис. 6.2) исходными данными из варианта индивидуального задания (рис. 6.3).

Примечания:

1) *Перечень ремонтных работ представлен в исходных данных в индивидуальном задании.*

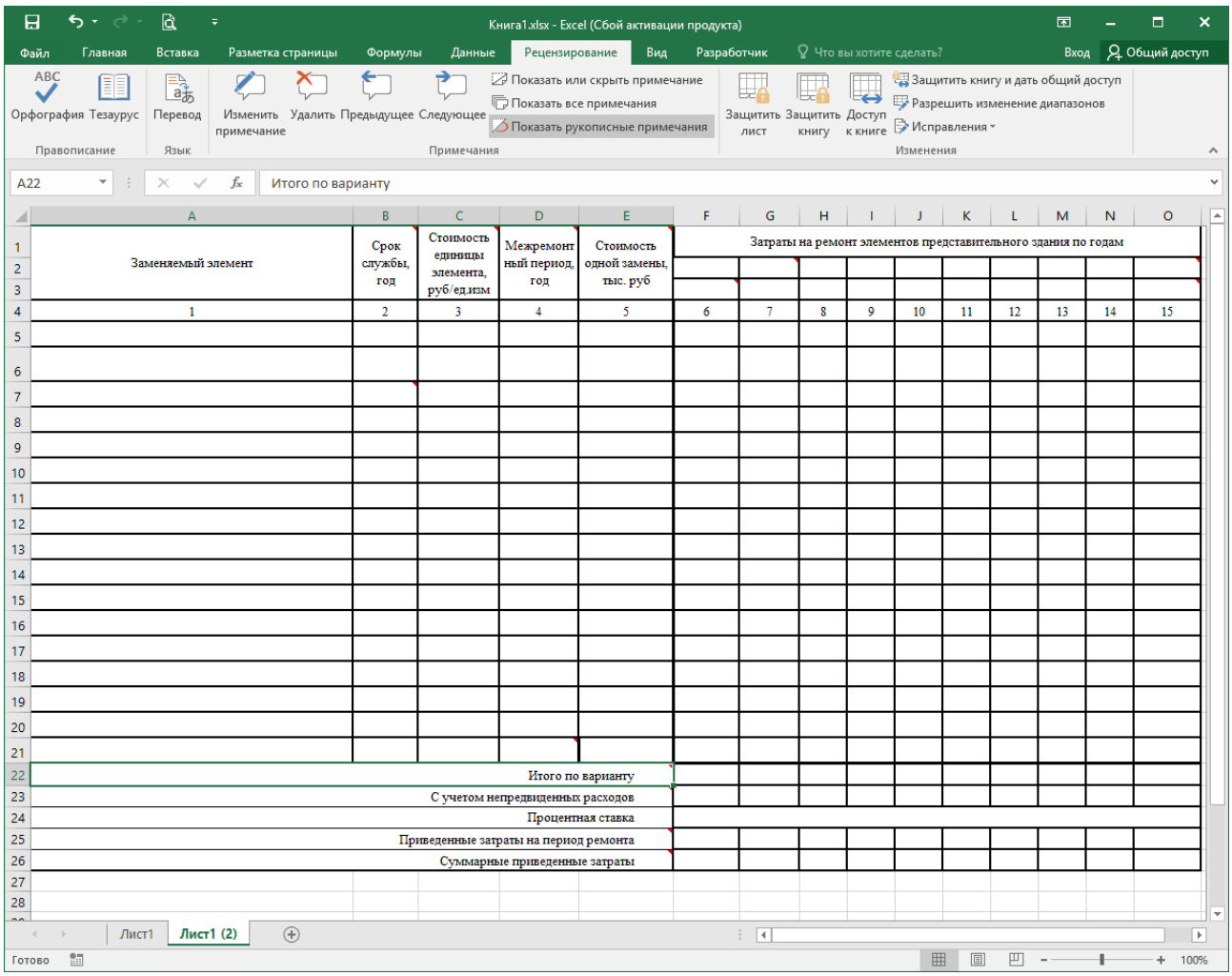
2) *В пункте «Прочие работы» принимается во внимание, что не все виды работ учтены. Единица измерения – м² жилой (полезной для общественных зданий) площади.*



№	Наименование элемента	Ед. изм.	Объем работ 1
1	Кровля скатная	м²	573
2	Фасад	м²	2297,6
3	Водосточные трубы	п.м.	115
4	Окна площадью до 3 м²	шт.	188
5	Двери площадью до 3 м²	шт.	199
6	Стены лестничной клетки	м²	791
7	Полы лестничной клетки	м²	230
8	Полы жилых помещений	м²	2800
9	Полы нежилых помещений	м²	1274,3
10	Полы санузлов	м²	235,7
11	Трубопровод центрального отопления	п.м.	374
12	Отопительные приборы	шт.	171
13	Трубопровод ХиГВ	п.м.	230
14	Полотенцесушитель	шт.	32
15	Трубопровод канализации	п.м.	115
16	Мусоропровод	этаж	9
17	Прочие работы 2	м² ж.пл.	2800

Рисунок 6.3. Заполненная ведомость подсчета объемов работ

3. На другом листе Excel создать таблицу «План замены сменяемых элементов здания при капитальном ремонте на остаточный срок службы» 1 вариант (см. рис. 6.4) [для шага 8 – 2 вариант, для шага 9 – 3 вариант] с первым [для шага 8 вторым, для шага 9 третьим] конструктивным решениям по капитальному ремонту.



Заменяемый элемент	Срок службы, год	Стоимость единицы элемента, руб/ед.изм	Межремонтный период, год	Стоимость одной замены, тыс. руб	Затраты на ремонт элементов представительного здания по годам									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Итого по варианту														
С учетом непредвиденных расходов														
Процентная ставка														
Приведенные затраты на период ремонта														
Суммарные приведенные затраты														

Рисунок 6.4. Форма таблицы «План замены сменяемых элементов здания при капитальном ремонте на остаточный срок службы»

4. Заполнить форму таблицы, представленной на рис. 6.4, используя ведомость подсчета объемов работ и табл. 6.3. (рис. 6.5).

Первый вариант формируется студентом по своему усмотрению. Затем по результатам расчета проводится его оптимизация, которая может быть выполнена различными способами, например:

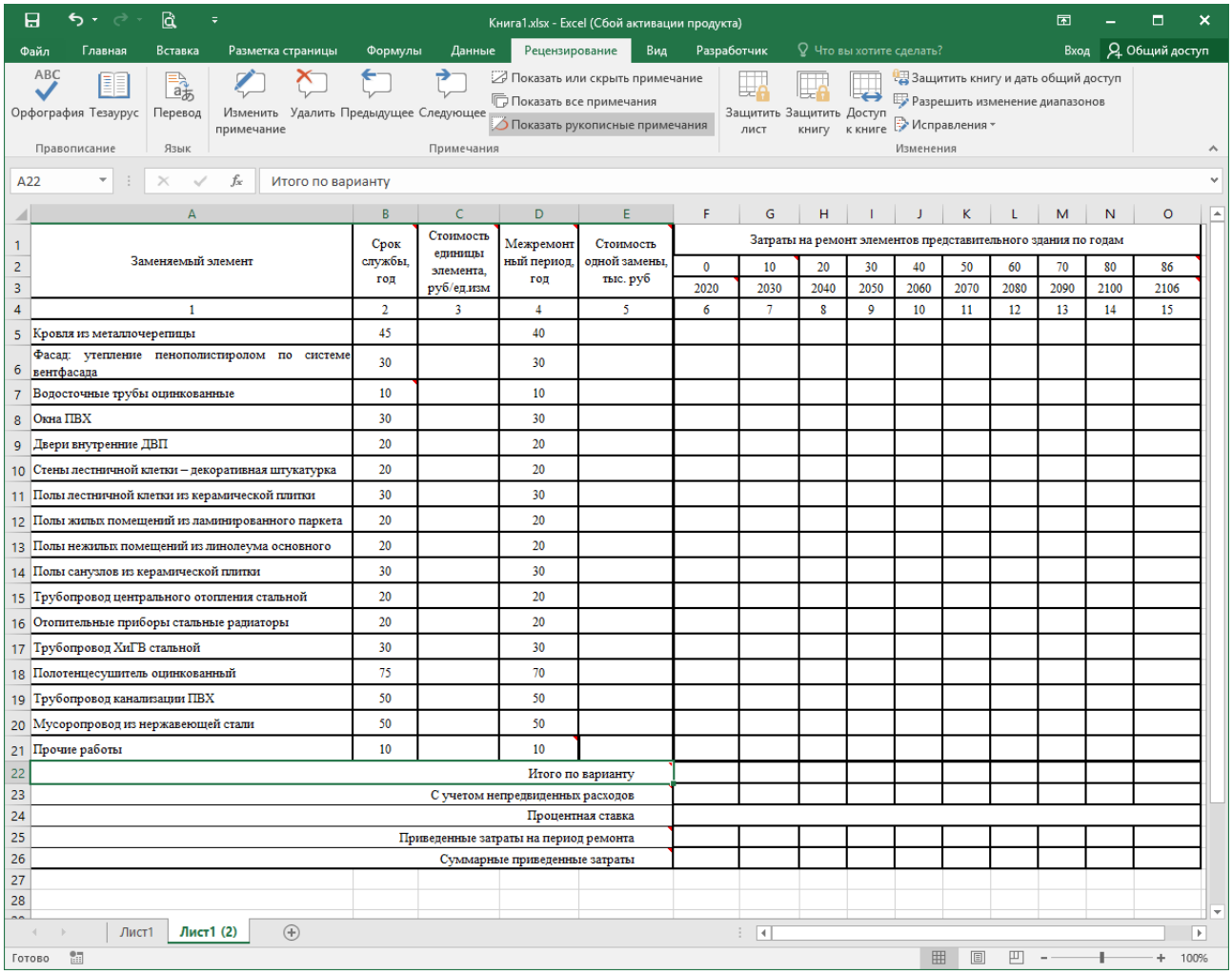
– принят совершенно другой набор материалов, конструктивных, технологических решений;

– заменены некоторые материалы на более или менее долговечные;

– заменены некоторые материалы на более или менее дорогостоящие;

– заменены некоторые материалы, не укладывающиеся в общую цикличность работ;

– заменены некоторые материалы, вносящие наибольший вклад в стоимость.

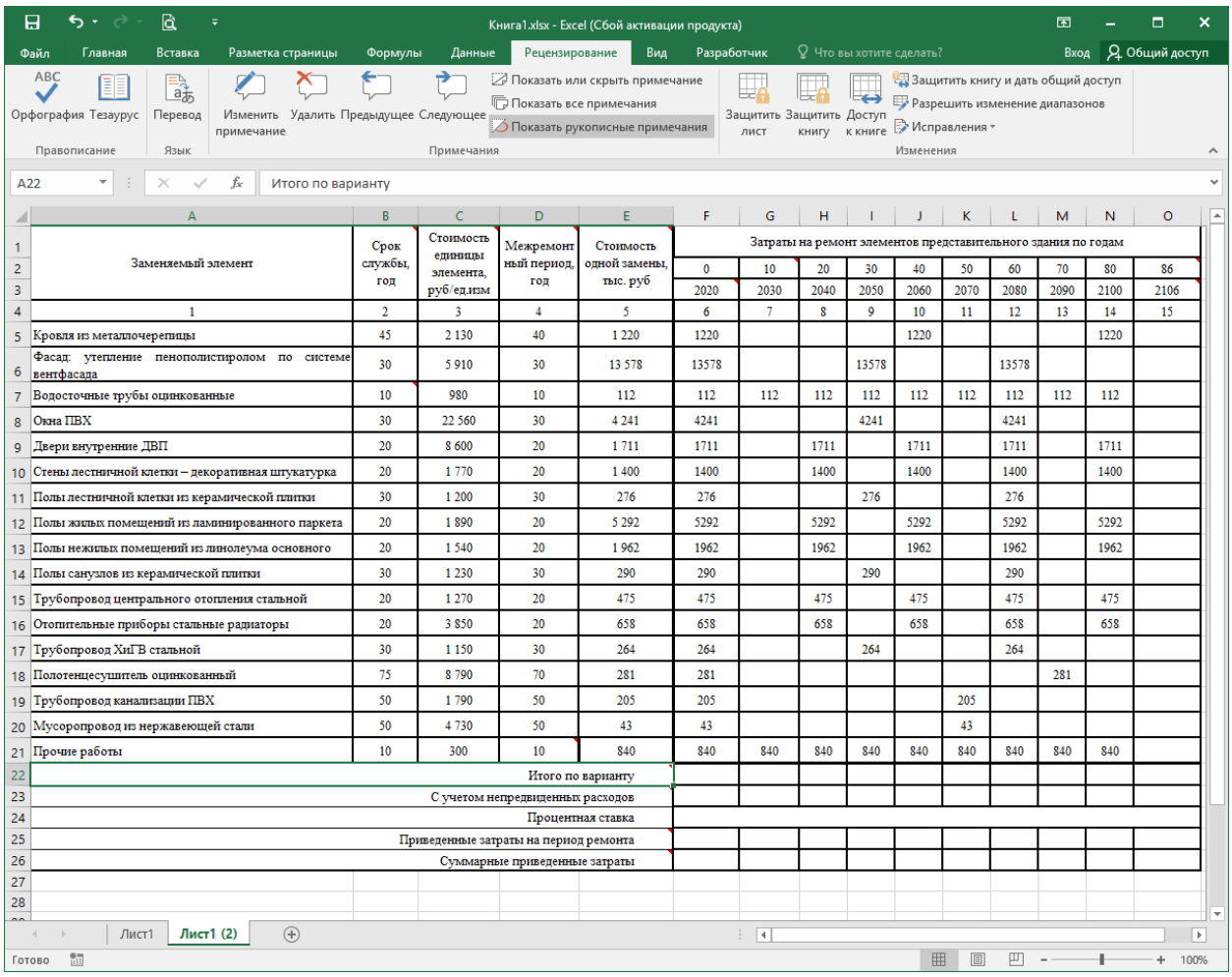


Заменяемый элемент	Срок службы, год	Стоимость единицы элемента, руб/ед.изм	Межремонтный период, год	Стоимость одной замены, тыс. руб	Затраты на ремонт элементов представительного здания по годам									
					0	10	20	30	40	50	60	70	80	86
					2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2106
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кровля из металлочерепицы	45		40											
Фасад: утепление пенополистиролом по системе вентфасада	30		30											
Водосточные трубы оцинкованные	10		10											
Окна ПВХ	30		30											
Двери внутренние ДВП	20		20											
Стены лестничной клетки – декоративная штукатурка	20		20											
Полы лестничной клетки из керамической плитки	30		30											
Полы жилых помещений из ламинированного паркета	20		20											
Полы нежилых помещений из линолеума основного	20		20											
Полы санузлов из керамической плитки	30		30											
Трубопровод центрального отопления стальной	20		20											
Отопительные приборы стальные радиаторы	20		20											
Трубопровод ХиГВ стальной	30		30											
Полотенцесушитель оцинкованный	75		70											
Трубопровод канализации ПВХ	50		50											
Мусоропровод из нержавеющей стали	50		50											
Прочие работы	10		10											
Итого по варианту														
С учетом непредвиденных расходов														
Процентная ставка														
Приведенные затраты на период ремонта														
Суммарные приведенные затраты														

Рисунок 6.5. Форма таблицы «План замены сменяемых элементов здания при капитальном ремонте на остаточный срок службы» с заполненными столбцами 1,2,4

5. Определить стоимость заменяемых единиц элементов и заполнить столбец 3. Столбец 5 считается как произведение «Стоимости единицы элемента» (столбец 3) и объема работ из ведомости подсчета объемов работ.

6. Исходя из данных, приведенных в столбце 4, определить года проведения капитальных ремонтов (столбцы 6-15) и распределить затраты по годам, когда будет выполняться капитальный ремонт конкретного элемента. Остальные ячейки оставлять пустыми (рис. 6.6).



Заменяемый элемент	Срок службы, год	Стоимость единицы элемента, руб/ед.изм	Межремонтный период, год	Стоимость одной замены, тыс. руб	Затраты на ремонт элементов представительного здания по годам									
					0	10	20	30	40	50	60	70	80	86
					2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2106
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кровля из металлочерепицы	45	2 130	40	1 220	1220				1220				1220	
Фасад: утепление пенополистиролом по системе вентфасада	30	5 910	30	13 578	13578			13578			13578			
Водосточные трубы оцинкованные	10	980	10	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	
Окна ПВХ	30	22 560	30	4 241	4241			4241			4241			
Двери внутренние ДВП	20	8 600	20	1 711	1711		1711		1711		1711		1711	
Стены лестничной клетки – декоративная штукатурка	20	1 770	20	1 400	1400		1400		1400		1400		1400	
Полы лестничной клетки из керамической плитки	30	1 200	30	276	276			276			276			
Полы жилых помещений из ламинированного паркета	20	1 890	20	5 292	5292		5292		5292		5292		5292	
Полы нежилых помещений из линолеума основного	20	1 540	20	1 962	1962		1962		1962		1962		1962	
Полы санузлов из керамической плитки	30	1 230	30	290	290			290			290			
Трубопровод центрального отопления стальной	20	1 270	20	475	475		475		475		475		475	
Отопительные приборы стальные радиаторы	20	3 850	20	658	658		658		658		658		658	
Трубопровод ХиГВ стальной	30	1 150	30	264	264			264			264			
Полотенцесушитель оцинкованный	75	8 790	70	281	281							281		
Трубопровод канализации ПВХ	50	1 790	50	205	205					205				
Мусоропровод из нержавеющей стали	50	4 730	50	43	43					43				
Прочие работы	10	300	10	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	
Итого по варианту														
С учетом непредвиденных расходов														
Процентная ставка														
Приведенные затраты на период ремонта														
Суммарные приведенные затраты														

Рисунок 6.6. Форма таблицы «План замены сменяемых элементов здания при капитальном ремонте на остаточный срок службы» с заполненными столбцами по затратам по годам

7. По формулам (6.1) и (6.2) произвести необходимые расчеты и заполнить ячейки по строкам 25 и 26 (рис. 6.6). Затем заполнить ячейки по строкам 22-24.

Примечания к заполнению:

3) По данным производителей материалов.

4) По смете, учитывая стоимость работ по демонтажу и монтажу элемента, а также стоимость материала, из которого элемент изготовлен.

5) Кратно минимальному сроку службы, по необходимости округляя в меньшую сторону заданный срок службы. В приведенном примере минимальный срок службы составляет 10 лет.

6) Определяется умножением объема работ на стоимость единицы конструкции (колонка 3).

7) Минимальный срок службы (межремонтный период).

8) Срок службы по строке «Прочие работы» приравнивается к минимальному межремонтному периоду.

9) Сумма по колонке

10) Умножение данных предыдущей строки («Итого по варианту») на 2.

11) Определяются по формуле (6.1)

12) Определяются по формуле (6.2)

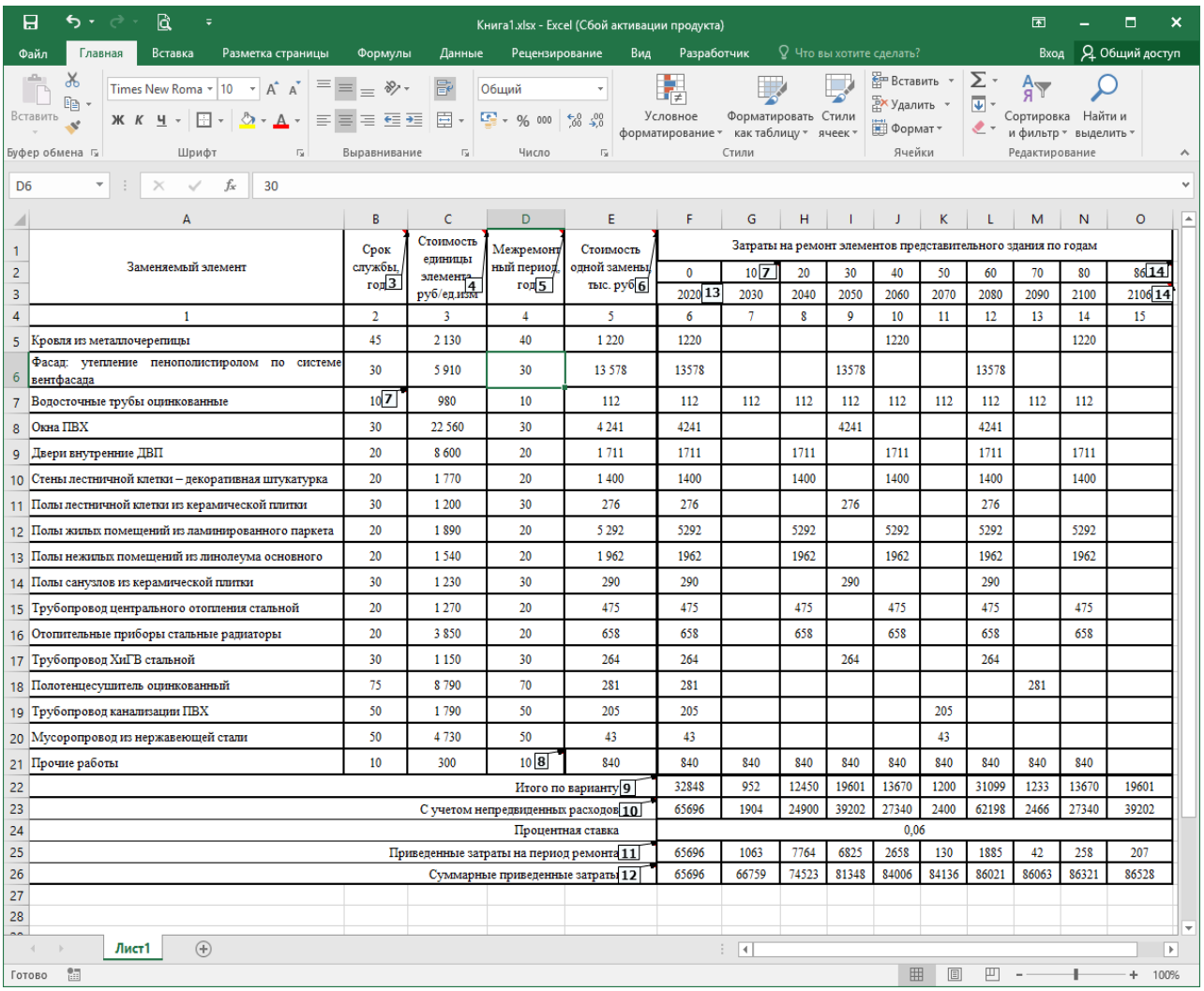
13) Текущий год выполнения задания. Приводятся те работы, которые даны в индивидуальном задании.

14) *Окончание срока эксплуатации – указывается последний год эксплуатации здания с учетом его группы капитальности.*

- по справочно-нормативной литературе определяются долговечность (срок службы – колонка 2) и удельная стоимость замены единицы элемента в зависимости от выбранного материала или конструкции (колонка 3 таблицы).
- стоимость одной замены элемента $C_{рем}$ (колонка 5) определяется как произведение стоимости единицы элемента (колонка 3) на объем работ по ремонту или замене этого элемента (из таблицы 2), при этом стоимость ремонта должна включать затраты на выполнение работ по разборке и устройству конструкции, а также стоимость строительного материала. При одной и той же технологии производства работ, но разных материалах – можно учесть только стоимость материала.
- межремонтный период каждого элемента должен быть кратен минимальному межремонтному периоду округлением в <u>меньшую</u> сторону.
- непредвиденные расходы учитываются умножением итоговой суммы затрат на ремонты на 2.
- приведенные затраты на каждый период ремонта рассчитываются по формуле 6.1.

• суммарные приведенные затраты на момент оценки определяются по формуле 6.2 как сумма ежегодных отчислений в i-тый год и предыдущие ему года.

• необходимо учитывать, что в последний год эксплуатации (15 колонка) не проводятся никакие плановые ремонтные работы. При этом работы предыдущего периода должны перекрывать срок до окончания эксплуатации здания.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Заменяемый элемент	Срок службы, год 3	Стоимость единицы элемента, руб/ед.изм 4	Межремонтный период, год 5	Стоимость одной замены, тыс. руб 6	Затраты на ремонт элементов представительного здания по годам									
2						0	10 7	20	30	40	50	60	70	80	86 14
3						2020 13	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2106 14
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	Кровля из металлочерепицы	45	2 130	40	1 220	1220				1220				1220	
6	Фасад: утепление пенополистиролом по системе вентфасада	30	5 910	30	13 578	13578			13578			13578			
7	Водосточные трубы оцинкованные	10 7	980	10	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	
8	Окна ПВХ	30	22 560	30	4 241	4241			4241			4241			
9	Двери внутренние ДВП	20	8 600	20	1 711	1711		1711		1711		1711		1711	
10	Стены лестничной клетки – декоративная штукатурка	20	1 770	20	1 400	1400		1400		1400		1400		1400	
11	Полы лестничной клетки из керамической плитки	30	1 200	30	276	276			276			276			
12	Полы жилых помещений из ламинированного паркета	20	1 890	20	5 292	5292		5292		5292		5292		5292	
13	Полы нежилых помещений из линолеума основного	20	1 540	20	1 962	1962		1962		1962		1962		1962	
14	Полы санузлов из керамической плитки	30	1 230	30	290	290			290			290			
15	Трубопровод центрального отопления стальной	20	1 270	20	475	475		475		475		475		475	
16	Отопительные приборы стальные радиаторы	20	3 850	20	658	658		658		658		658		658	
17	Трубопровод ХиГВ стальной	30	1 150	30	264	264			264			264			
18	Полотенцесушитель оцинкованный	75	8 790	70	281	281							281		
19	Трубопровод канализации ПВХ	50	1 790	50	205	205					205				
20	Мусоропровод из нержавеющей стали	50	4 730	50	43	43					43				
21	Прочие работы	10	300	10 8	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	
22	Итого по варианту 9					32848	952	12450	19601	13670	1200	31099	1233	13670	19601
23	С учетом непредвиденных расходов 10					65696	1904	24900	39202	27340	2400	62198	2466	27340	39202
24	Процентная ставка					0,06									
25	Приведенные затраты на период ремонта 11					65696	1063	7764	6825	2658	130	1885	42	258	207
26	Суммарные приведенные затраты 12					65696	66759	74523	81348	84006	84136	86021	86063	86321	86528

Рисунок 6.7. Заполненная таблица «План замены сменяемых элементов здания при капитальном ремонте на остаточный срок службы»

8. Для подсчета 2 варианта конструктивных решений повторить шаги 3-7.

9. Для подсчета 3 варианта конструктивных решений повторить шаги 3-7.

10. Построить график изменения суммарных приведенных затрат по трем вариантам конструктивных решений ремонта, используя строки 2 и 26.

Оптимальное решение выбирается по результатам анализа полученного графика (см. рис. 6.8). В данном случае оптимальным конструктивны решением капитального ремонта будет вариант 2, т.к. имеет меньшие приведенные эксплуатационные затраты по сравнению с 1 и 3 вариантами.

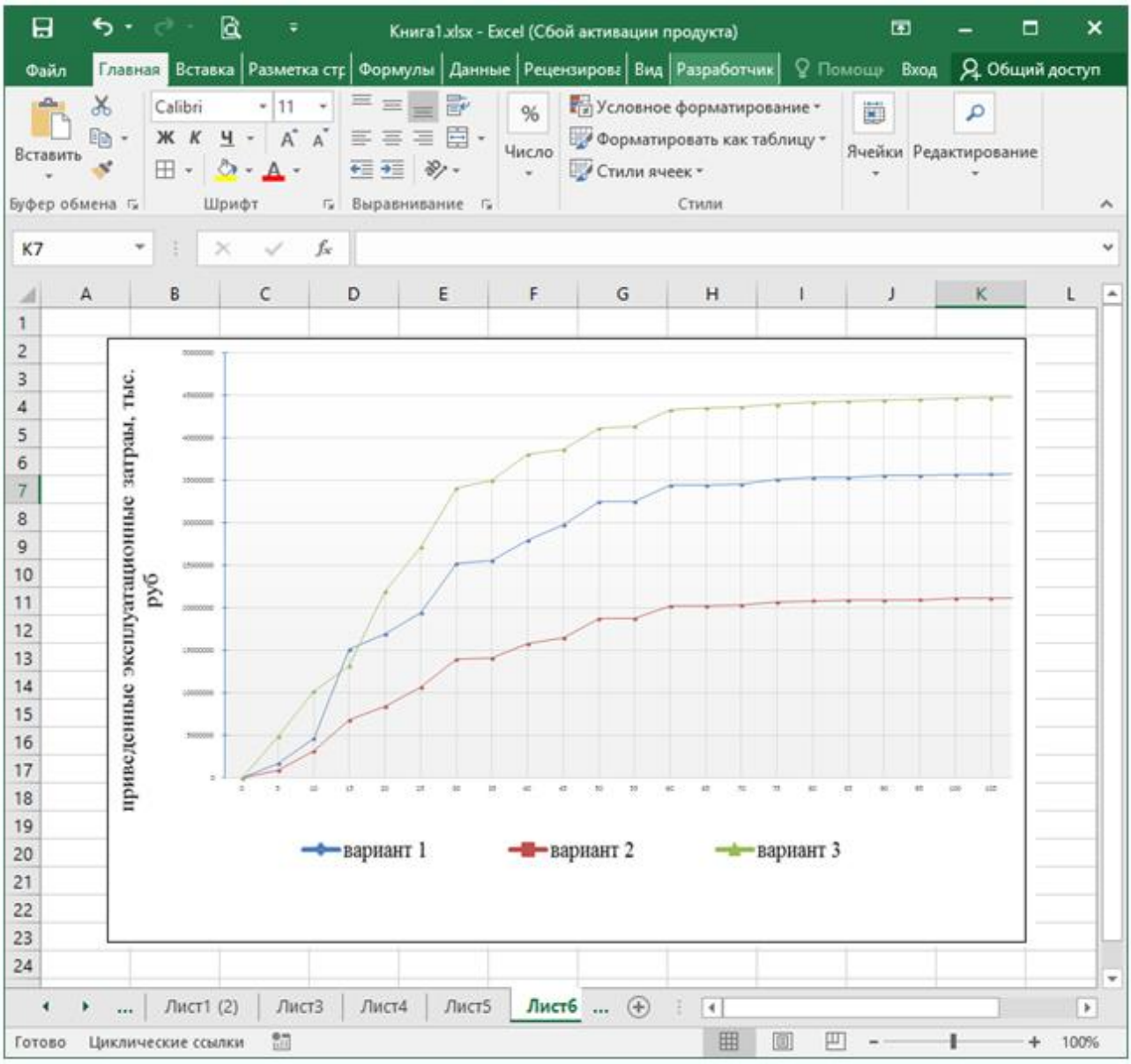


Рисунок 6.8. График изменения суммарных приведенных затрат по трем вариантам конструктивных решений ремонта

Задание для самостоятельного решения:

По сходным данным, приведенным в табл. 6.3 провести многокритериальную оптимизацию проектного решения капитального ремонта элементов здания и выбрать оптимальный вариант конструктивного решения.

Таблица 6.3

Исходные данные

Вариант	Заменяемый элемент	Остаточный ресурс здания, лет
1	Кровля скатная	100
	Фасад	
	Водосточные трубы	
2	Окна площадью до 3 м^2	95
	Двери площадью до 3 м^2	
	Стены лестничной клетки	
3	Полы лестничной клетки	120
	Полы жилых помещений	
	Полы нежилых помещений	
4	Полы санузлов	110
	Трубопровод центрального отопления	
	Отопительные приборы	
5	Трубопровод ХиГВ	105
	Полотенцесушитель	
	Трубопровод канализации	
6	Кровля скатная	99
	Фасад	
	Водосточные трубы	
7	Окна площадью до 3 м^2	92
	Двери площадью до 3 м^2	
	Стены лестничной клетки	
8	Полы лестничной клетки	88
	Полы жилых помещений	
	Полы нежилых помещений	
9	Полы санузлов	112
	Трубопровод центрального отопления	
	Отопительные приборы	
10	Трубопровод ХиГВ	115
	Полотенцесушитель	
	Трубопровод канализации	

Компьютерный практикум №7. Влияние параметров проектного решения на полноту использования ресурса применяемых материалов

Цель работы: Освоить методику определения полноты использования ресурса применяемых материалов при ремонте.

Краткое описание ПО: для выполнения работы потребуется программный комплекс MS Office.

Теоретические основы

Оценка того, насколько рационально используются материальные ресурсы в выбранном конструктивном решении осуществляется по критерию полноты использования ресурса конструктивных элементов и инженерных систем здания как отношение фактически использованного ресурса элементов к общему ресурсу элементов, заменяемых или ремонтируемых в процессе эксплуатации. Такая оценка производится только в том случае, если в каком-либо варианте конструктивного решения здания есть один или более элементов, у которых отношение срока службы $Z^{ср}$ к межремонтному периоду $Z^{пл}$ оказывается не целым числом.

Для этого рассчитывается коэффициент использования ресурса $k_{ир}$:

$$k_{ир} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Z_i^{ср} \cdot n_i - \sum_{i=1}^{n} \Delta Z_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^{n} Z_i^{ср} \cdot n_i} \qquad (7.1)$$

где, $Z_i^{ср}$ – нормативный средний срок службы i-го элемента, определяемый по табл. 6.2, год; ΔZ_i – разница между сроком службы элемента $Z_i^{ср}$ и фактическим межремонтным периодом $Z_i^{пл}$, год; n_i – общее число ремонтов (замен) i-го элемента за остаточный срок эксплуатации здания; n – количество рассматриваемых элементов.

$$k_{ир}^{послпериод} = \frac{\sum \mathrm{Zi} \cdot \mathrm{ni} - \Delta \mathrm{Zi} \cdot \mathrm{ni}}{\sum \mathrm{Zi}}, \qquad (7.2)$$

где, Z_i – срок службы элемента, год.

Удовлетворительными считаются конструктивные решения, коэффициент использования ресурса для которых имеет значение более 0,95.

Ход выполнения работы:

1. Запустить Excel в режиме разметки страницы, создать таблицу «Определение использования ресурса элементов здания» вариант 1 [для шага 5 – 2 вариант, для шага 6 – 3 вариант] по форме, указанной в табл. 7.1. По исходным данным, в указанным в индивидуальном задании, заполнить столбцы «Элемент», «Число ремонтов» и произвести соответствующие расчеты (рис. 7.1).

Таблица 7.1

Определение использования ресурса элементов здания

Элемент	Число ремонтов n_i	Срок службы Z_i, год	$Z_i \cdot n_i$	ΔZ_i	$\Delta Z_i \cdot n_i$	$Z_i \cdot n_i - \Delta Z_i \cdot n_i$

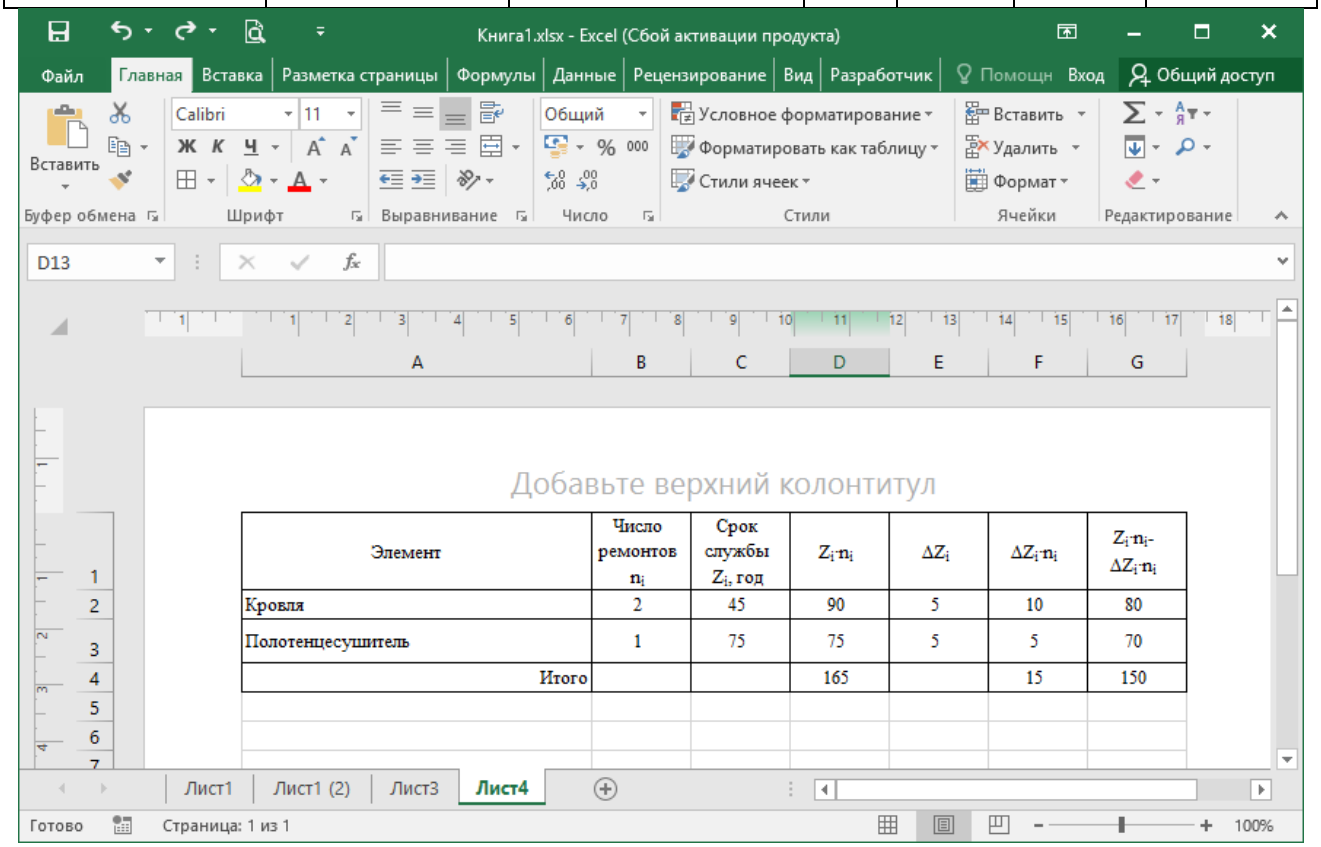


Рисунок 7.1. Заполненная форма таблицы «Определение использования ресурса элементов здания»

Примечания:

Первый вариант формируется студентом по своему усмотрению. Затем по результатам расчета проводится его оптимизация, которая может быть выполнена различными способами, например:

– принят совершенно другой набор материалов, конструктивных, технологических решений;

– заменены некоторые материалы на более или менее долговечные;

– заменены некоторые материалы на более или менее дорогостоящие;

– заменены некоторые материалы, не укладывающиеся в общую цикличность работ;

– заменены некоторые материалы, вносящие наибольший вклад в стоимость.

Технологические решения по вариантам 1, 2, 3 принимаются из компьютерного практикума №6.

2. По формуле 7.1 рассчитать коэффициент использования ресурса $k_{ир}$:

$$k_{ир} = \frac{\sum_{i=1}^{N} Z_i \cdot n_i - \sum_{i=1}^{N} \Delta Z_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^{N} Z_i \cdot n_i} = \frac{165 - 15}{165} = \frac{150}{165} = 0{,}91$$

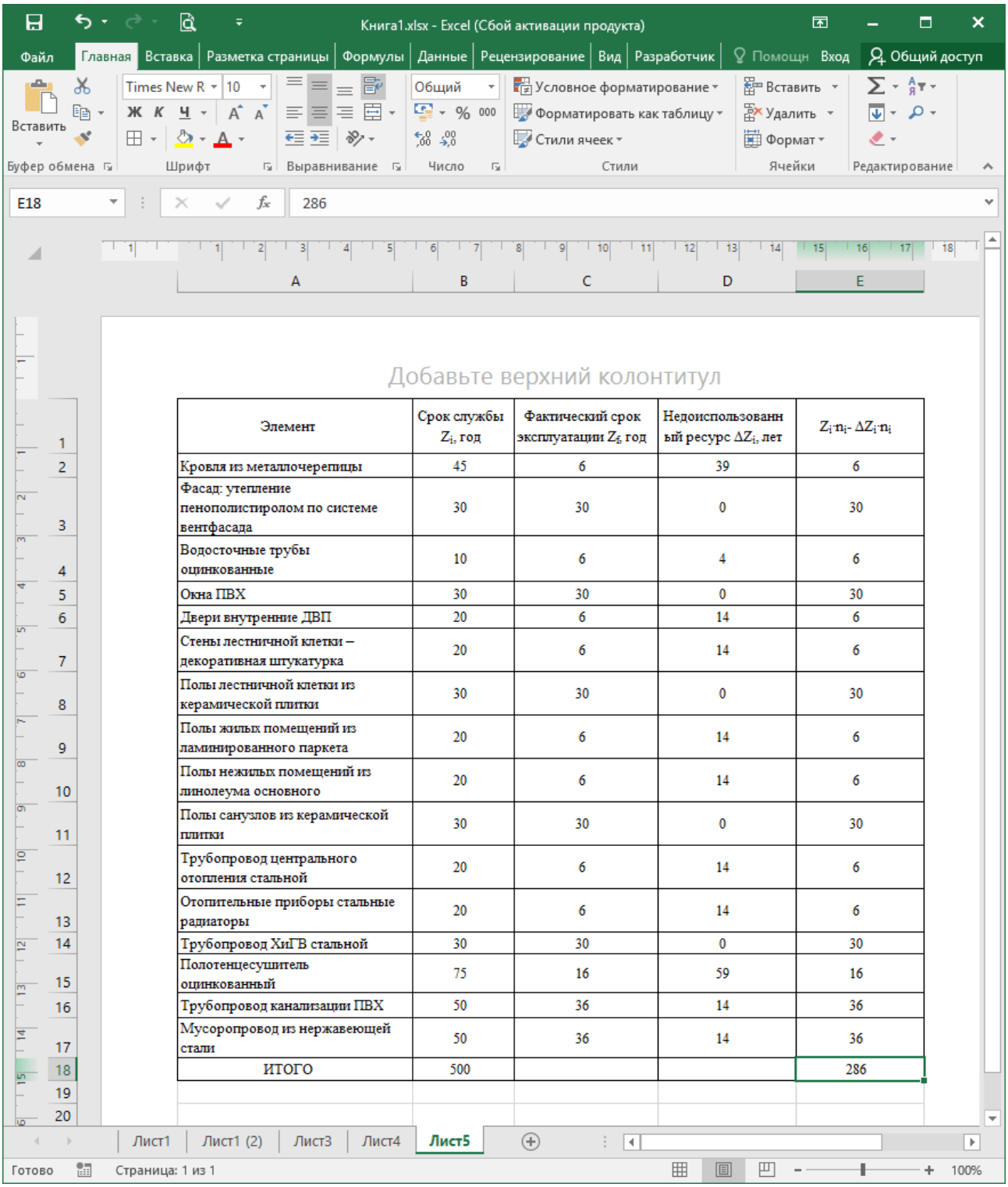
3. На новом листе Excel создать таблицу «Оценка полноты использования ресурса на последний период эксплуатации» вариант 1 [для шага 5 – 2 вариант, для шага 6 – 3 вариант] по форме, указанной в табл. 7.2. По исходным данным, в указанным в индивидуальном задании, заполнить столбец «Элемент и произвести соответствующие расчеты (рис. 7.2).

Таблица 7.2

Оценка полноты использования ресурса на последний период эксплуатации

Элемент	Срок службы Z_i, год	Фактический срок эксплуатации Z_f, год	Недоиспользованный ресурс ΔZ_i, лет	$Z_i \cdot n_i$- $\Delta Z_i \cdot n_i$

ИТОГО				



Книга1.xlsx - Excel (Сбой активации продукта)

Файл | Главная | Вставка | Разметка страницы | Формулы | Данные | Рецензирование | Вид | Разработчик | Помощн | Вход | Общий доступ

Times New R | 10 | Общий | Условное форматирование | Форматировать как таблицу | Стили ячеек | Вставить | Удалить | Формат

Буфер обмена | Шрифт | Выравнивание | Число | Стили | Ячейки | Редактирование

E18 | 286

Добавьте верхний колонтитул

Элемент	Срок службы Z_i, год	Фактический срок эксплуатации Z_f, год	Недоиспользованный ресурс ΔZ_i, лет	$Z_i \cdot n_i - \Delta Z_i \cdot n_i$
Кровля из металлочерепицы	45	6	39	6
Фасад: утепление пенополистиролом по системе вентфасада	30	30	0	30
Водосточные трубы оцинкованные	10	6	4	6
Окна ПВХ	30	30	0	30
Двери внутренние ДВП	20	6	14	6
Стены лестничной клетки – декоративная штукатурка	20	6	14	6
Полы лестничной клетки из керамической плитки	30	30	0	30
Полы жилых помещений из ламинированного паркета	20	6	14	6
Полы нежилых помещений из линолеума основного	20	6	14	6
Полы санузлов из керамической плитки	30	30	0	30
Трубопровод центрального отопления стальной	20	6	14	6
Отопительные приборы стальные радиаторы	20	6	14	6
Трубопровод ХиГВ стальной	30	30	0	30
Полотенцесушитель оцинкованный	75	16	59	16
Трубопровод канализации ПВХ	50	36	14	36
Мусоропровод из нержавеющей стали	50	36	14	36
ИТОГО	500			286

Лист1 | Лист1 (2) | Лист3 | Лист4 | Лист5

Готово | Страница: 1 из 1 | 100%

Рисунок 7.2. Заполненная форма таблицы «Оценка полноты использования ресурса на последний период эксплуатации»

4. По формуле (7.2) рассчитать полноту использования ресурса на последний период эксплуатации:

$$k_{ир}^{посл.период} = \frac{286}{500} = 0{,}572$$

Вариант 1 не является оптимальным с точки зрения полноты использования ресурса. Замена кровельного материала на другой (например, оцинкованную кровельную сталь) даст возможность увеличить коэффициент использования ресурса до 0,93. При ремонте на последнем этапе недоиспользовано практически 50% ресурсов заменяемых элементов.

5. Для подсчета 2 варианта конструктивных решений повторить шаги 1-4.
6. Для подсчета 3 варианта конструктивных решений повторить шаги 1-4.
7. Построить диаграмму оценки полноты использования элементов здания по трем вариантам конструктивных решений. Оптимальное решение выбирается по результатам анализа полученной диаграммы (см. рис. 7.3). В данном случае оптимальным конструктивны решением капитального ремонта будет вариант 3. Т.к. имеет максимальное использование ресурса элементов на завершающем этапе эксплуатации ы сравнении с 1 и 2 вариантами.

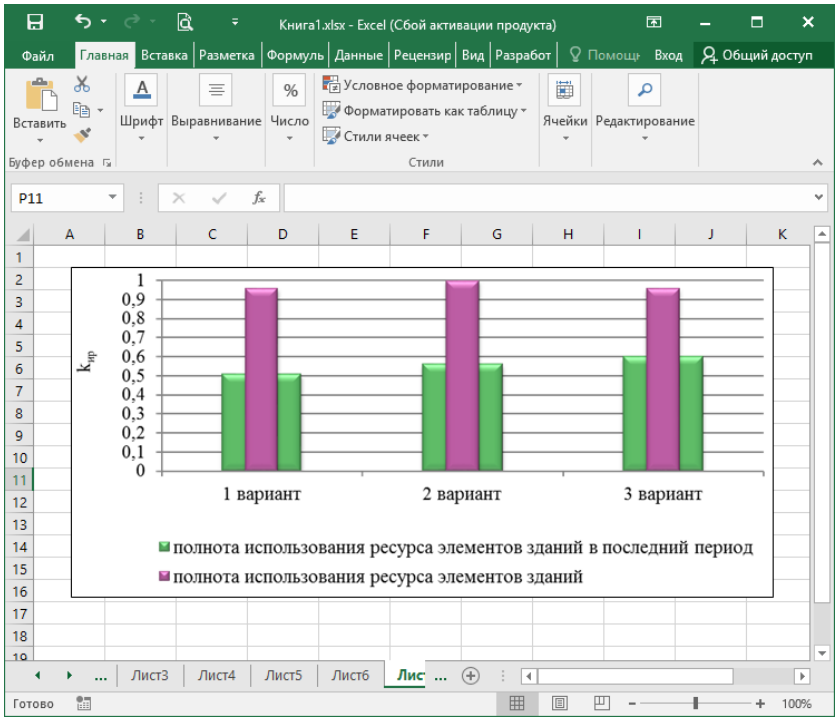


Рисунок 7.3. Диаграмма оценки полноты использования элементов здания по трем вариантам конструктивных решений

Задание для самостоятельного решения:

По исходным данным, приведенным в табл. 7.3 оценить полноту использования ресурса применяемых материалов при ремонте и в последний период эксплуатации, выбрать оптимальный вариант конструктивного решения.

Таблица 7.3

Исходные данные

Вариант	Заменяемый элемент	Остаточный ресурс здания, лет
1	Кровля скатная	100
	Фасад	
	Водосточные трубы	
2	Окна площадью до 3 м^2	95
	Двери площадью до 3 м^2	
	Стены лестничной клетки	
3	Полы лестничной клетки	120
	Полы жилых помещений	
	Полы нежилых помещений	
4	Полы санузлов	110
	Трубопровод центрального отопления	
	Отопительные приборы	
5	Трубопровод ХиГВ	105
	Полотенцесушитель	
	Трубопровод канализации	
6	Кровля скатная	99
	Фасад	
	Водосточные трубы	
7	Окна площадью до 3 м^2	92
	Двери площадью до 3 м^2	
	Стены лестничной клетки	
8	Полы лестничной клетки	88
	Полы жилых помещений	
	Полы нежилых помещений	
9	Полы санузлов	112
	Трубопровод центрального отопления	
	Отопительные приборы	

10	Трубопровод ХиГВ	115
	Полотенцесушитель	
	Трубопровод канализации	