ГЛАВА 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 рис. 1.1.

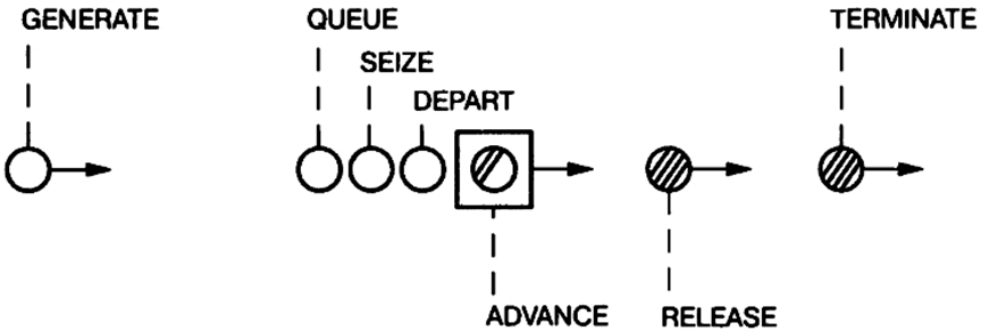


Рисунок 1.1 Структура системы массового обслуживания

Последовательность выполнения работы:

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

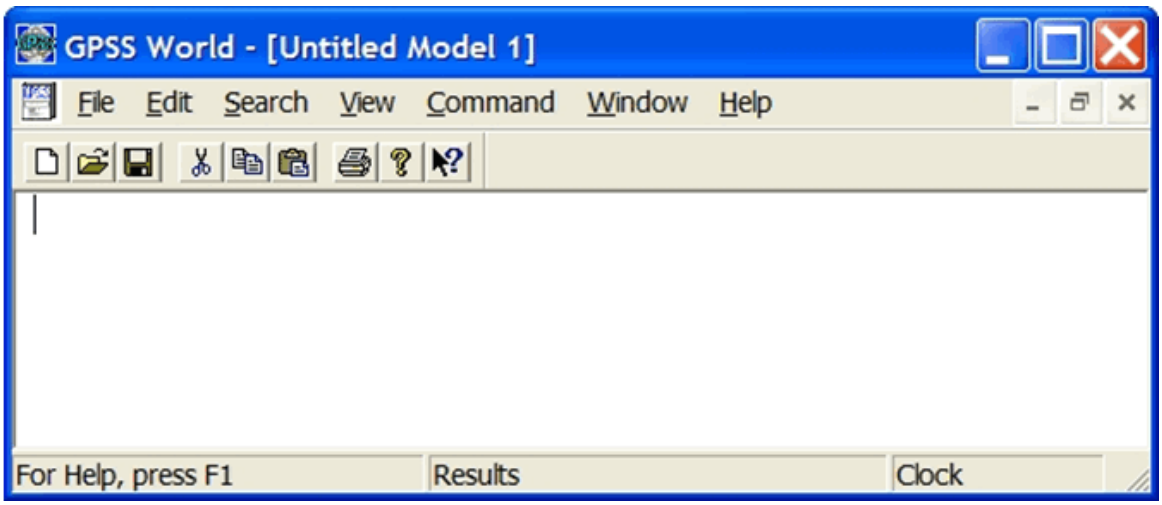


Рисунок 1.2. Окно программы GPSS World в режиме создания модели

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)

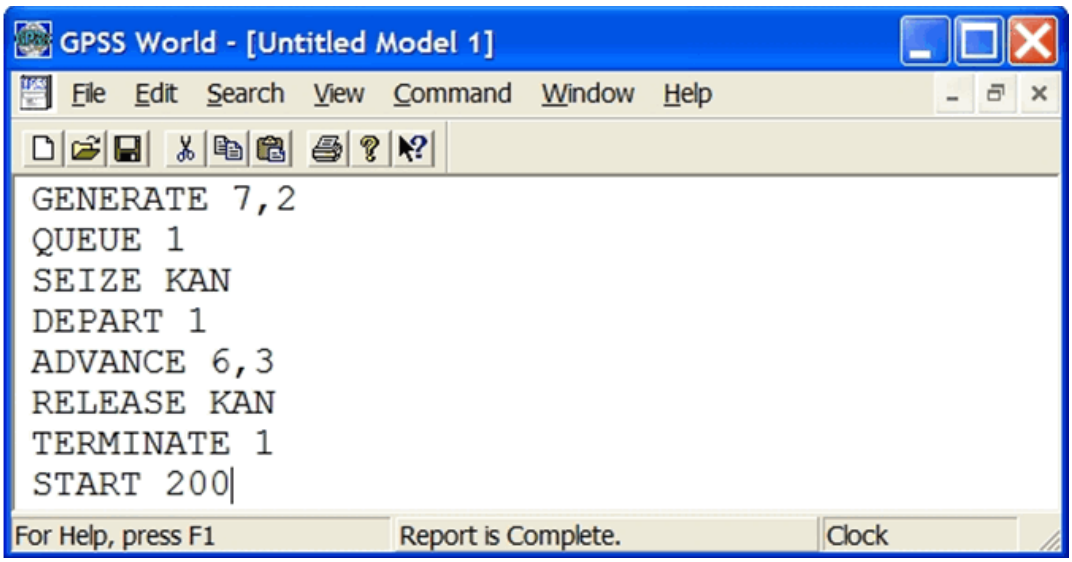


Рисунок 1.3. Операторы с указанием исходных данных в окне программы GPSS World

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

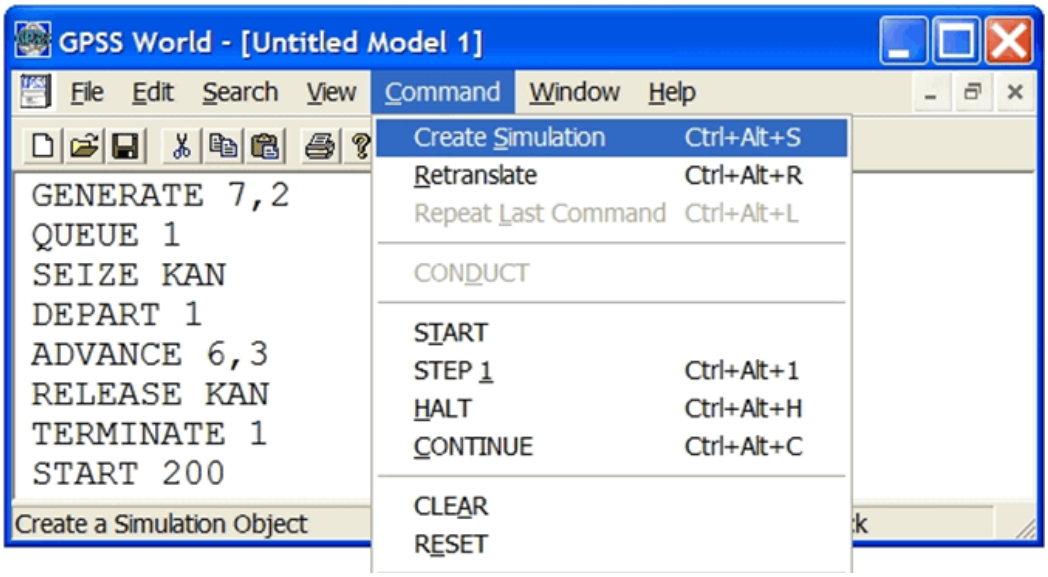


Рисунок 1.4. Запуск GPSS World на выполнение начала моделирования

5. По завершению процесса моделирования появится сгенерированный отчет о результатах моделирования (рис. 1.6).

```
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 1.6. 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 курсовом проекте 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, $S_{жил}^{м-на}$ – жилая площадь микрорайона, тыс. м^2; $h_{ср}$ – средняя этажность зданий микрорайона, этаж; $\Phi_{ср}$ – 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 $\Phi_{ср}$ определяется аналогичным образом:

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

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

Физический износ каждого здания определяется по формуле:

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

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:

$$\gamma = \frac{1}{Z_{вып}} \tag{2.6}$$

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

Время выполнения заявок населения может быть представлено четырьмя слагаемыми:

$$Z_{вып} = Z_{пол} + Z_{дв} + Z_{ос} + Z_{раб} \tag{2.7}$$

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 принимается 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:

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

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:

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

где, κ_i – доля отказа i-го элемента, (таблица 25); $Z_{раб(i)}$ – норма времени на устранение i-го вида неисправности, чел-ч (таблица 25), *a* – коэффициент, задаваемый преподавателем.

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

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

Количество рабочих по специальности k выбирается из соотношения:

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

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:

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

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

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).

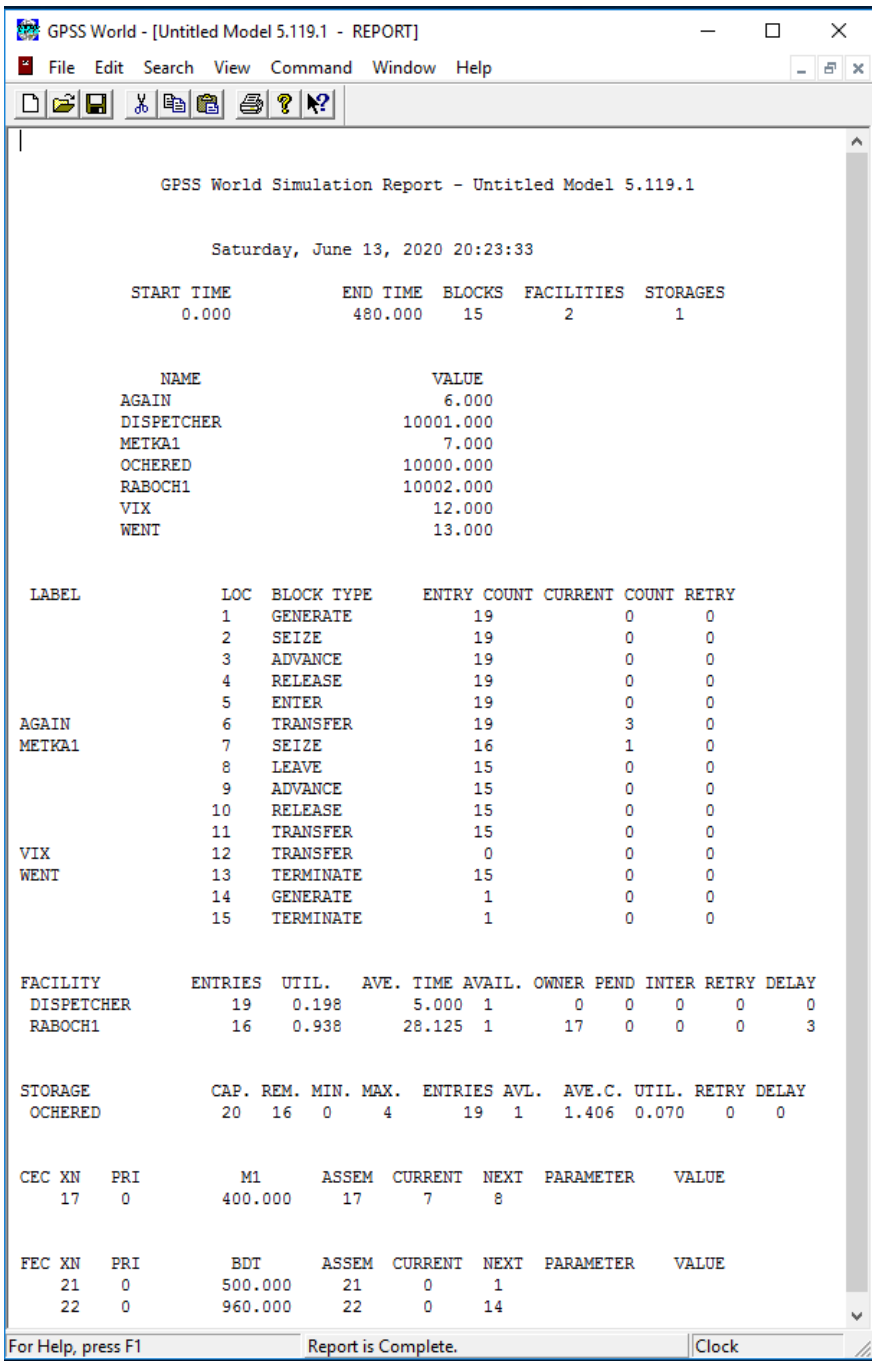
2. Определим исходные данные для моделирования из условий задачи:

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, обеспечивающее 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:

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

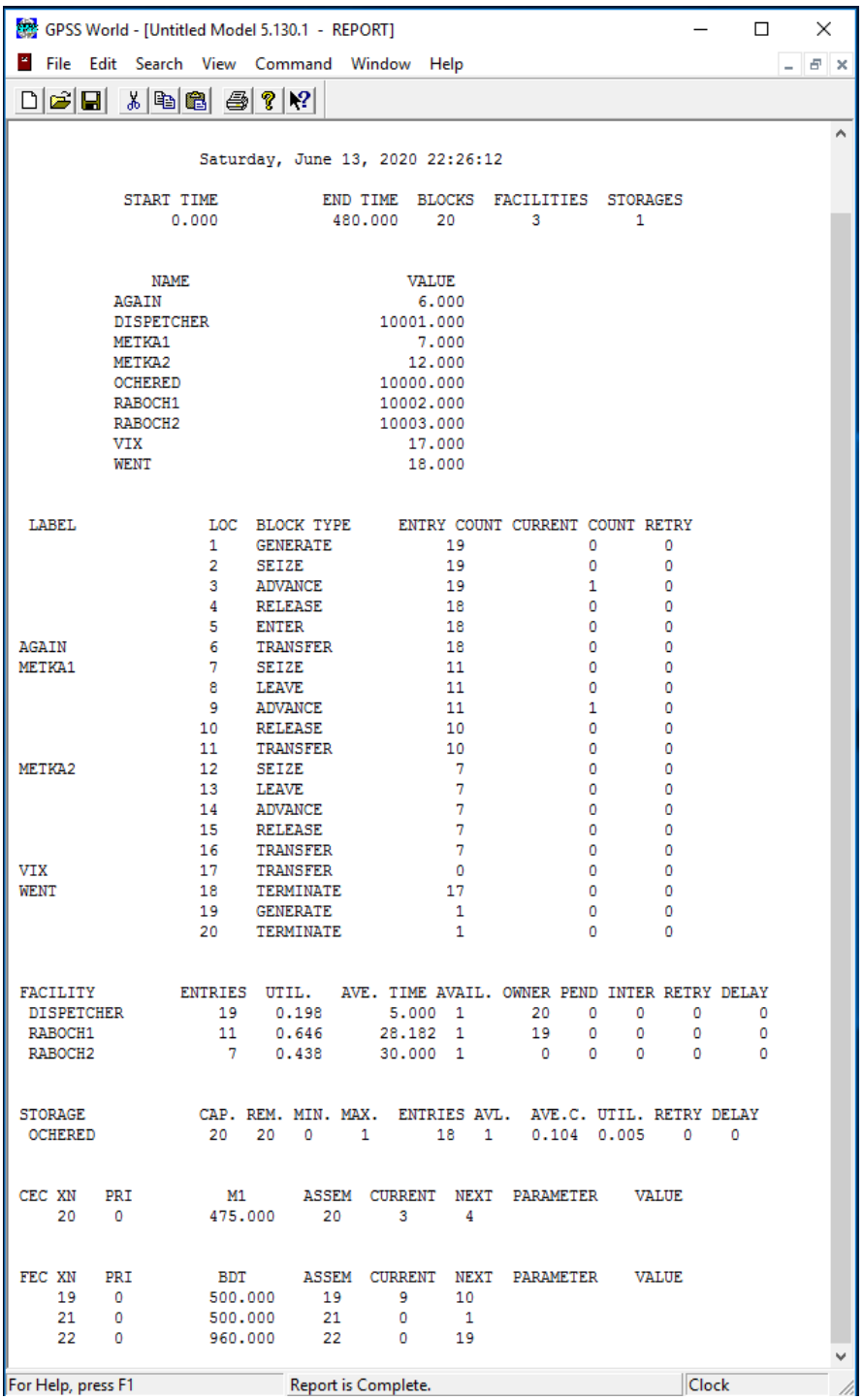
$$K_з = \frac{\sum t \cdot p}{T} = \frac{28{,}13 \cdot 16}{480} = 0{,}938$$

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 графическое представление 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 A устанавливается аргумент функции. Если это аргумент случайной функции, то в поле A устанавливается RN $.

В поле B 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 ТА с интервалом от 9 до 15 единиц времени с приоритетом 2.

2. GENE 10,FN$EXP

Генератор генерирует ТА 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 В+D, если и он занят, то в В+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 М1.

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).

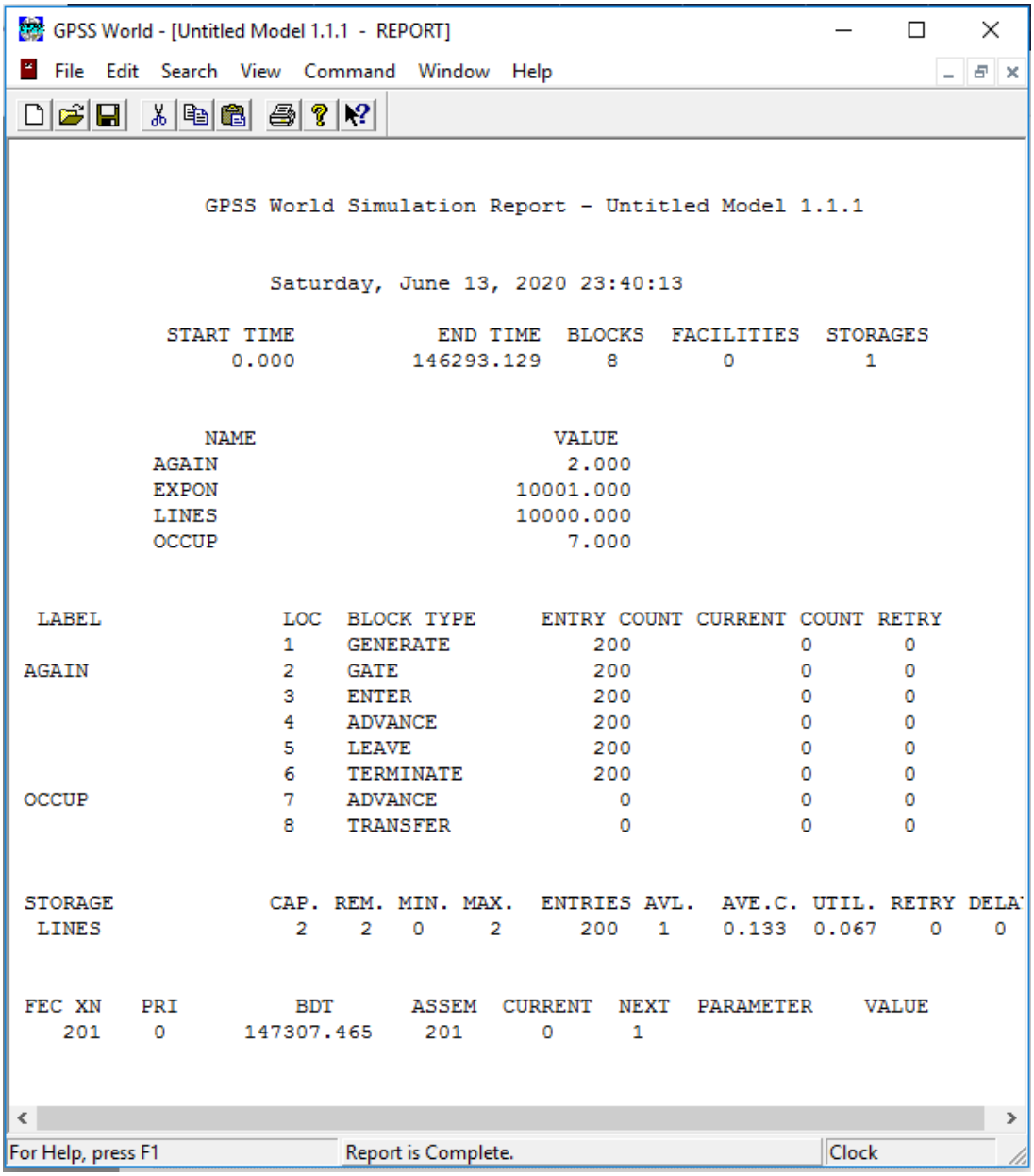


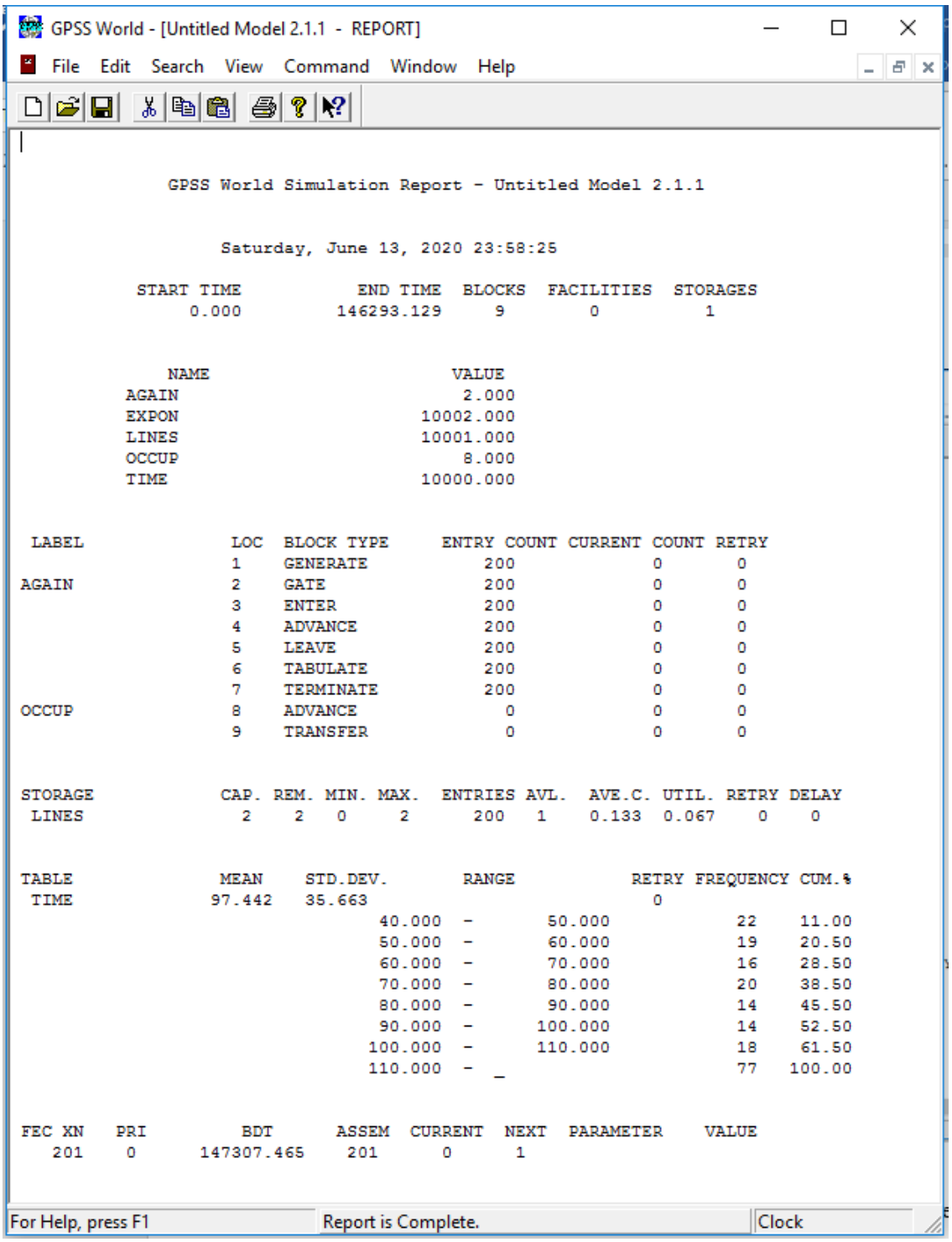
Рисунок 3.1. Сгенерированный отчет моделирования в программе GPSS World

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).

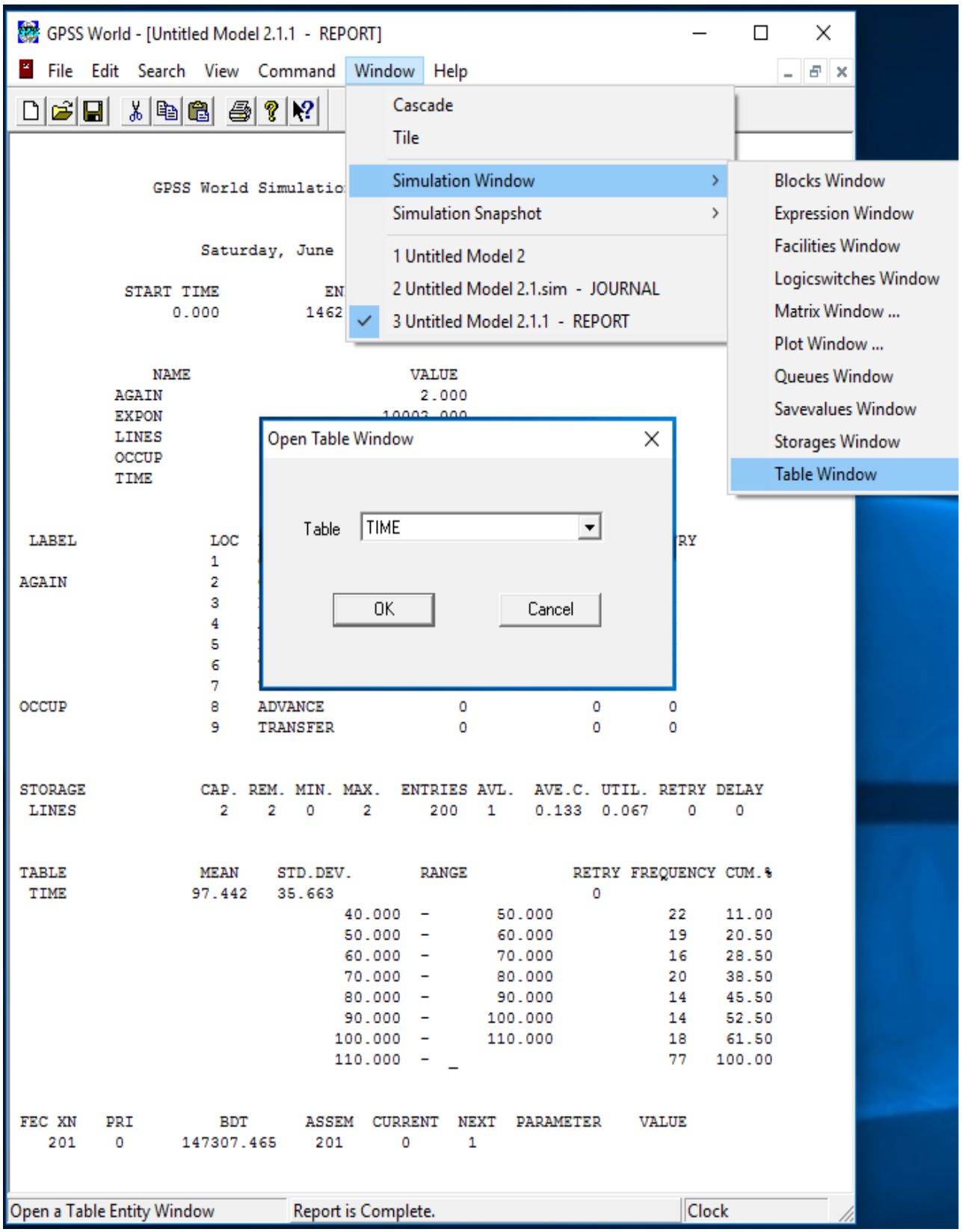


Рисунок 3.3. Снимок экрана GPSS World при запуске Table Window

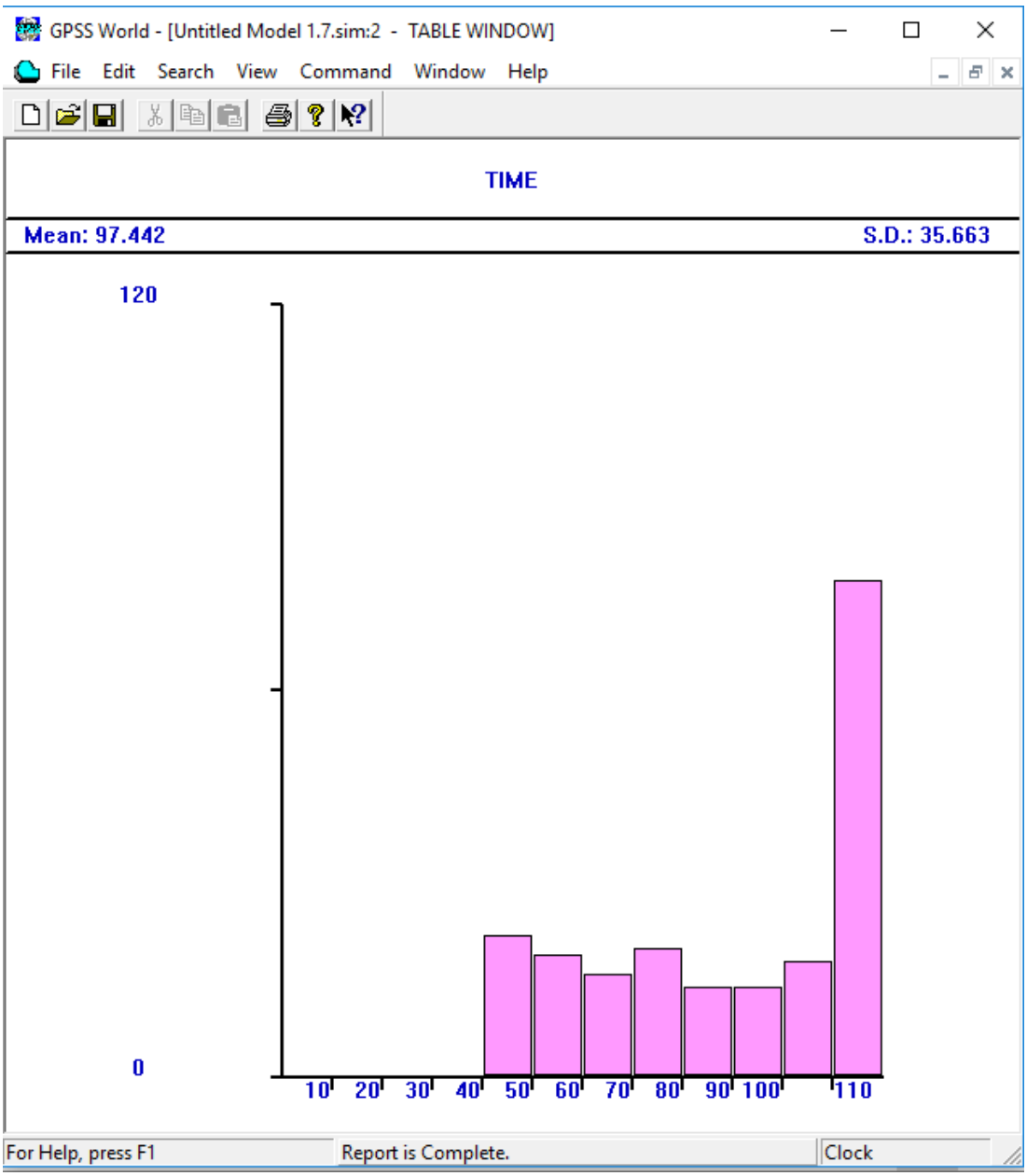


Рисунок 3.4. Гистограмма распределения времени, необходимого каждому абоненту для установления связи и проведения разговора с оператором АДС

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. Изучение влияния параметров системы массового обслуживания на критерии качества моделируемой системы

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).

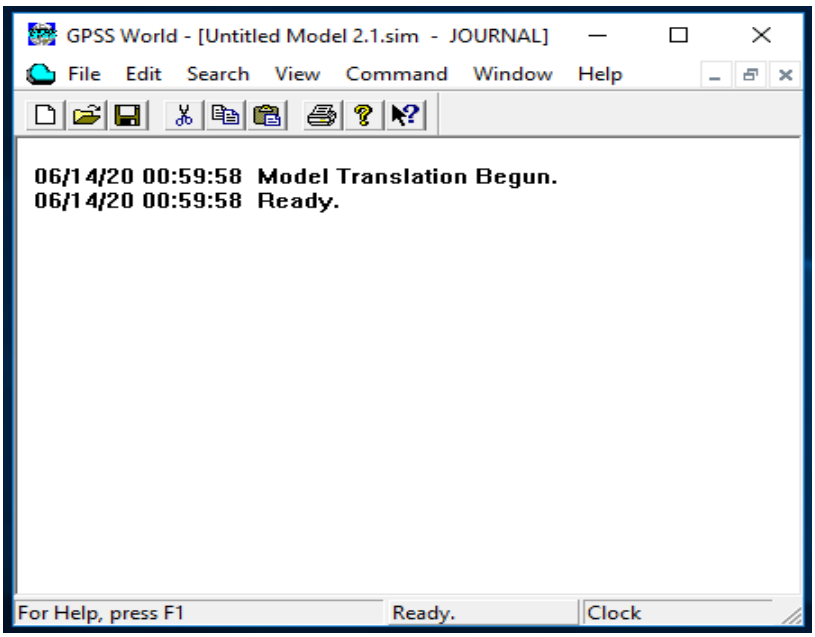


Рисунок 4.1. Снимок экрана с объявлением о чтении кода моделирования

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.

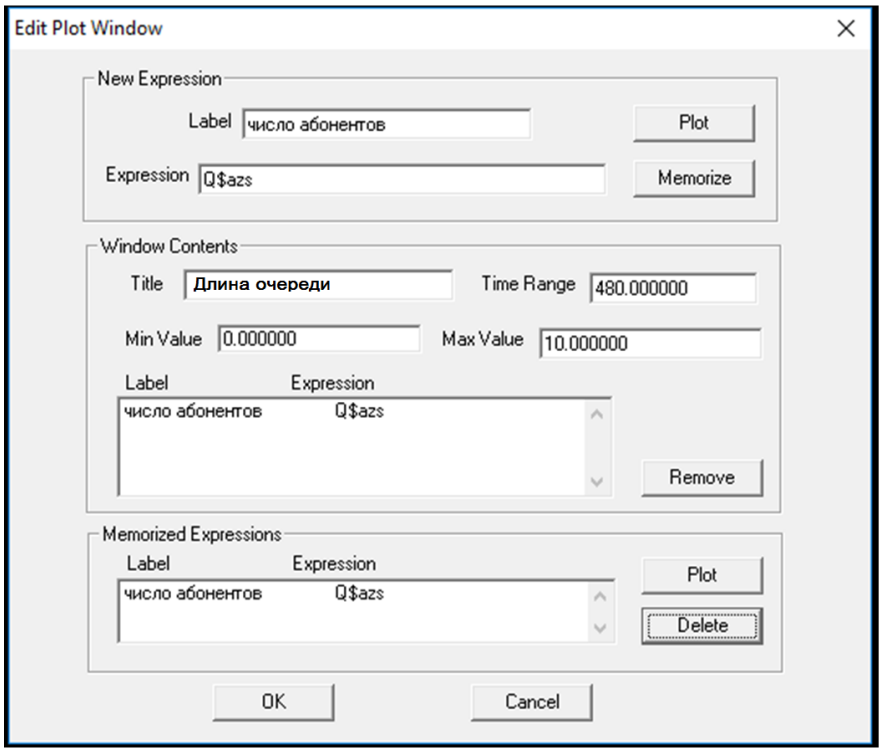


Рисунок 4.2. Снимок экрана с окном Edit Pilot Window

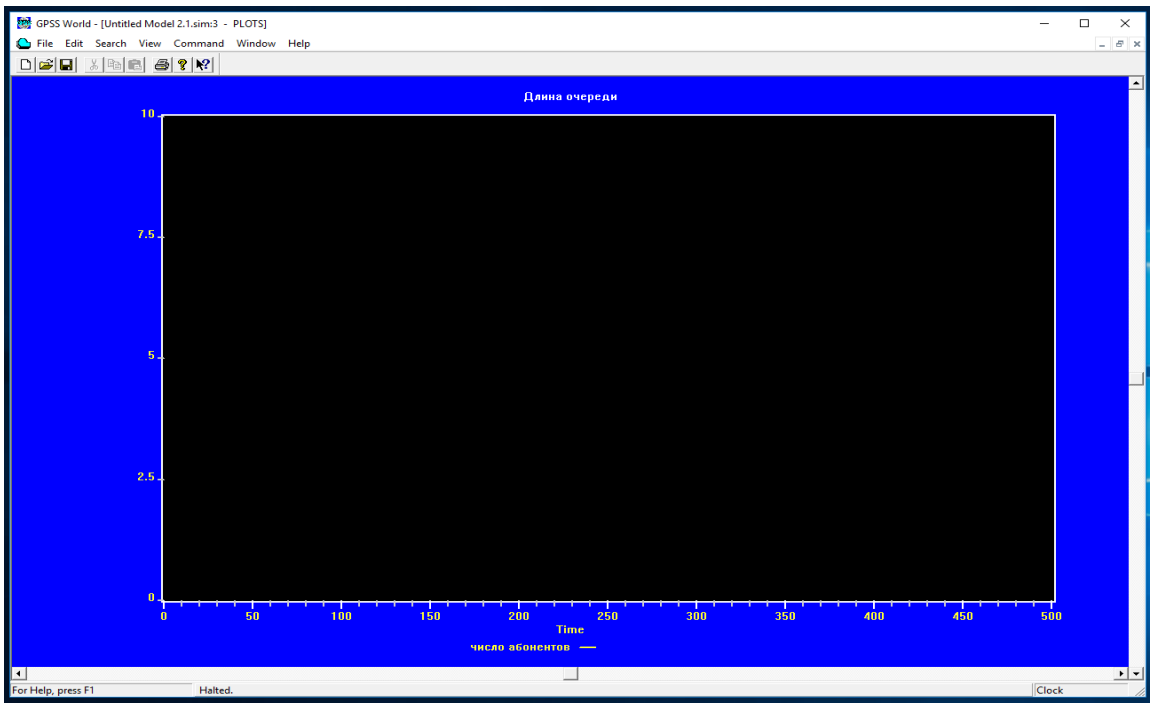


Рисунок 4.3. Сформированные оси графика длины очереди на линиях АДС

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).

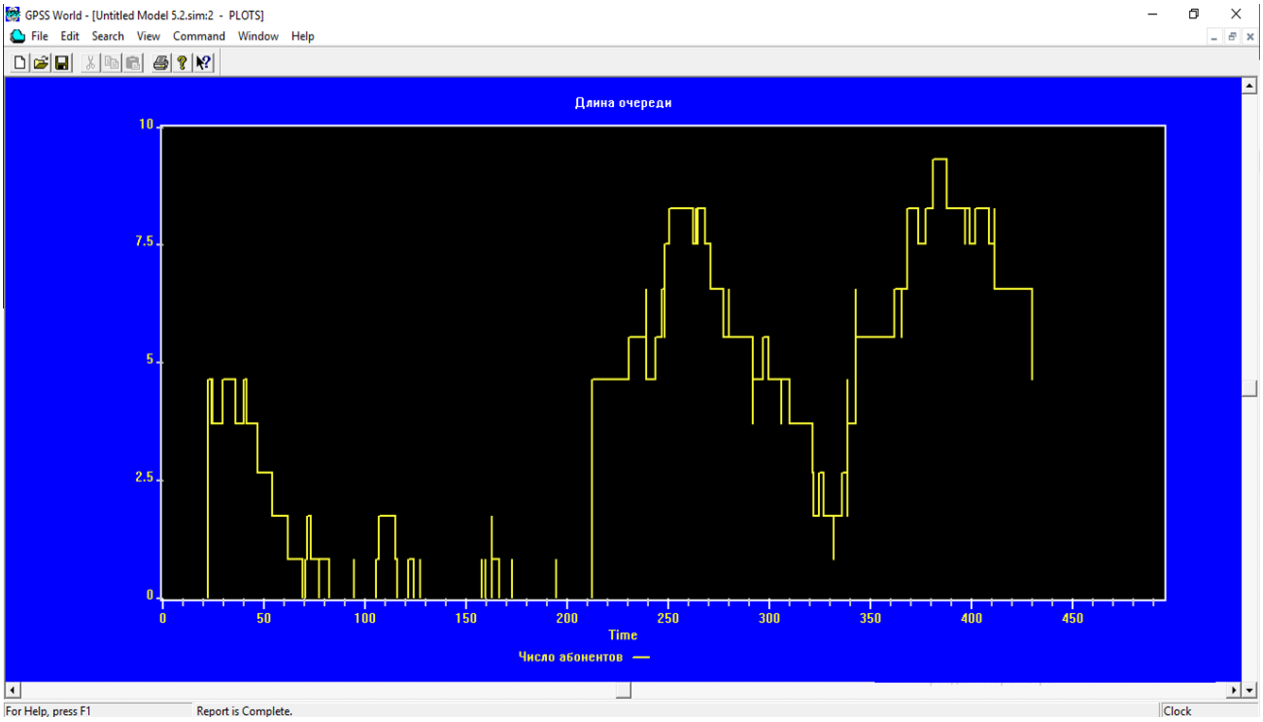
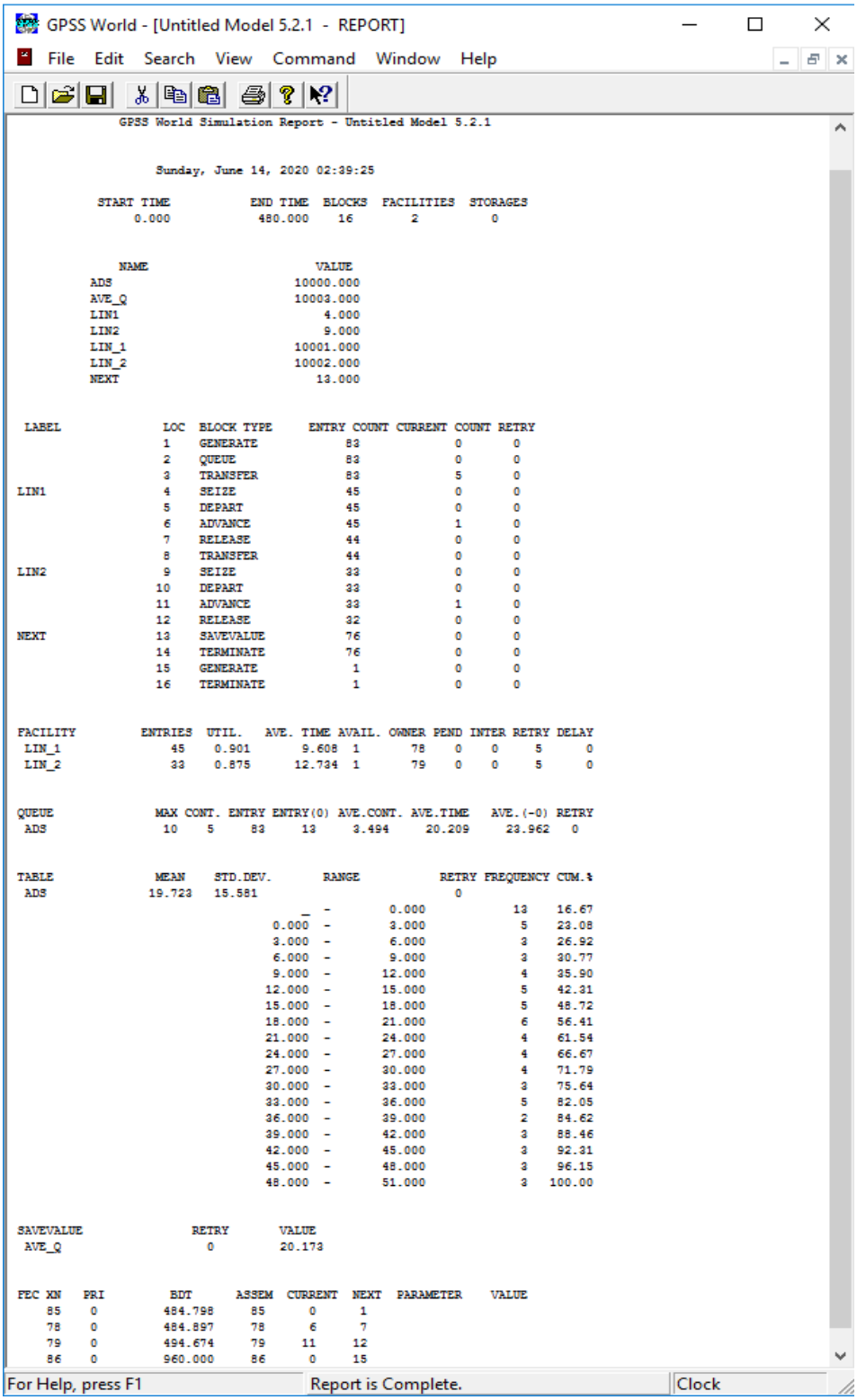


Рисунок 4.4. График длины очереди на линиях АДС

6. По завершению моделирования отобразится окно с отчетом моделирования (рис. 4.5) 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 4.5. 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. 4.6).

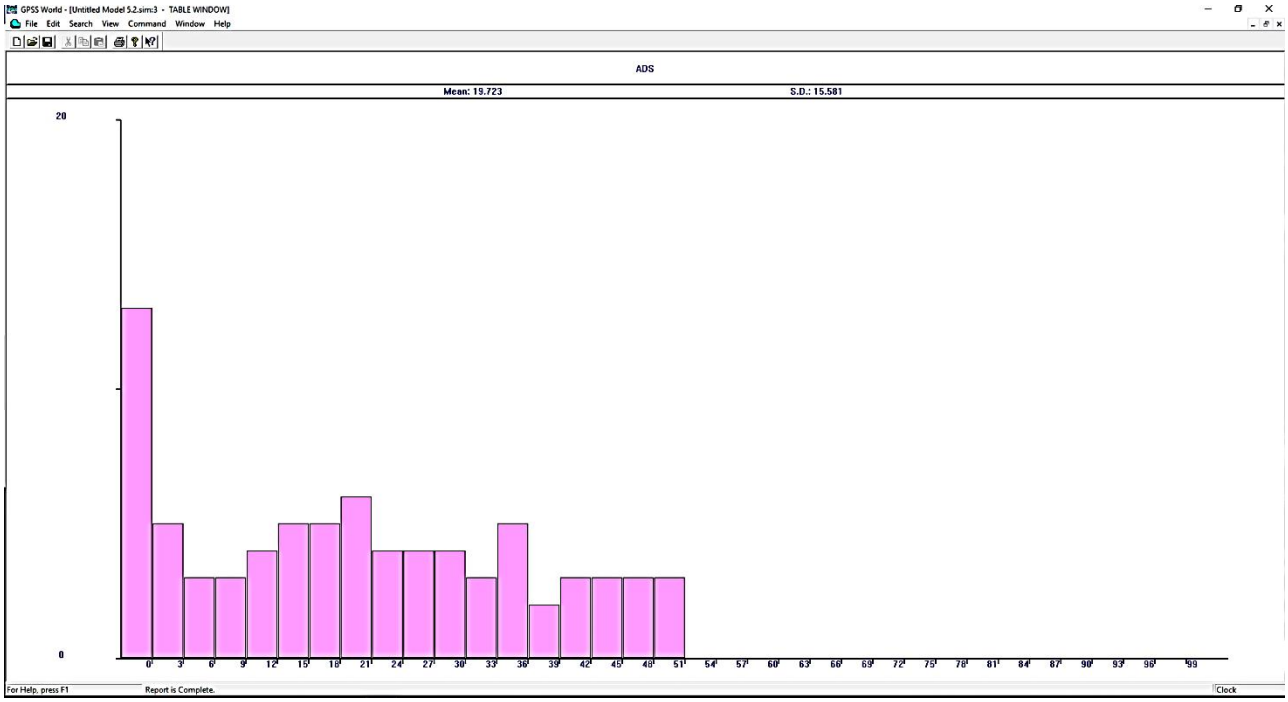


Рисунок 4.6. Гистограмма распределения времени, необходимого каждому абоненту для установления связи и проведения разговора с оператором АДС

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

ГЛАВА 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 обеспечения рационального использование сил и средств для обеспечения требуемого технического состояния, 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, корректировкой 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).

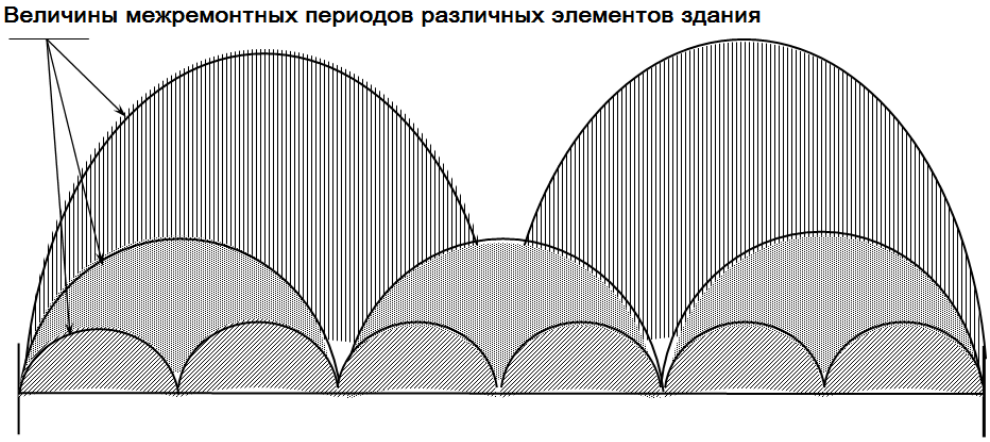


Рисунок 5.1. Определение кратности оптимальных межремонтных периодов проведения ремонтов элементов здания

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.

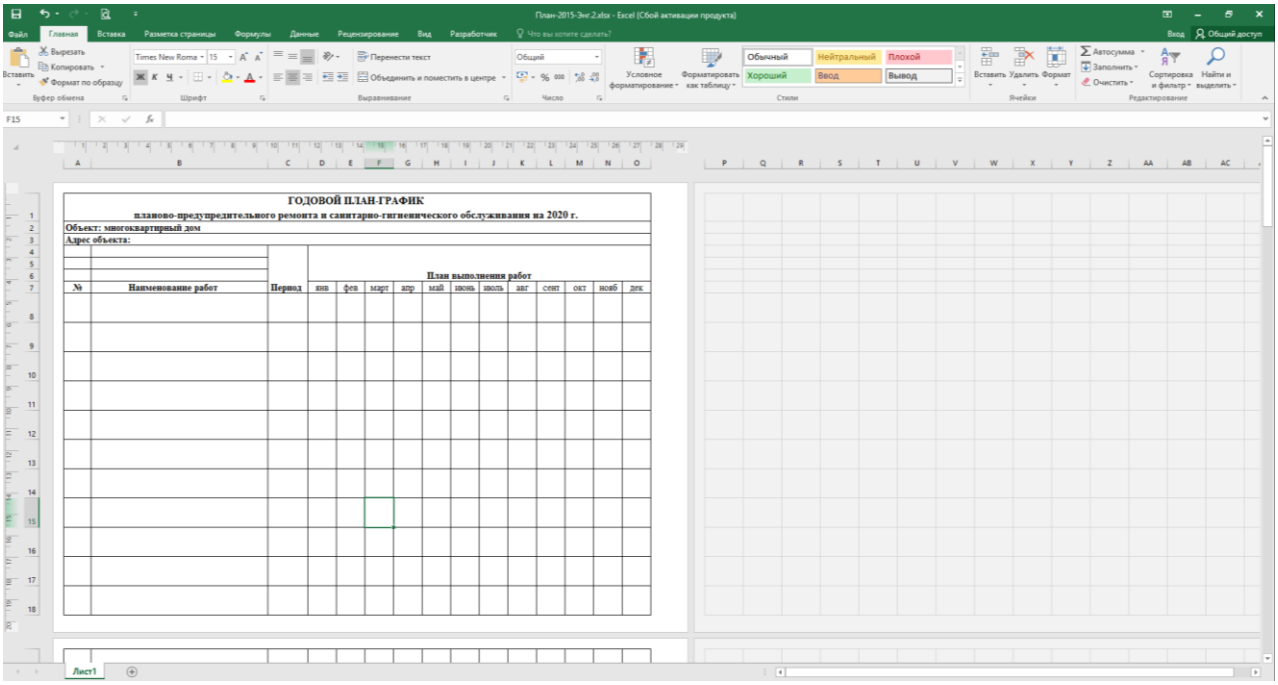
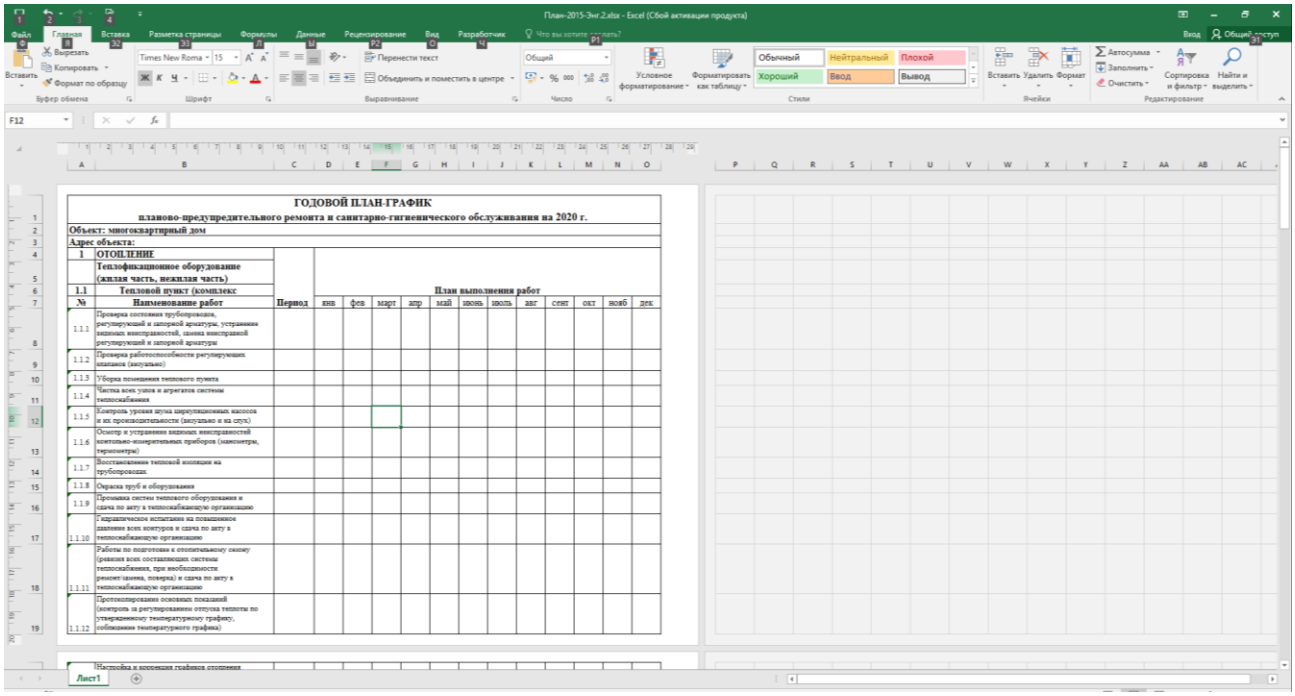


Рисунок 5.2. Снимок экрана с формой таблицы годового плана ППР ремонтов и санитарно-гигиенического обслуживания

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 зданий и объектов.

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).



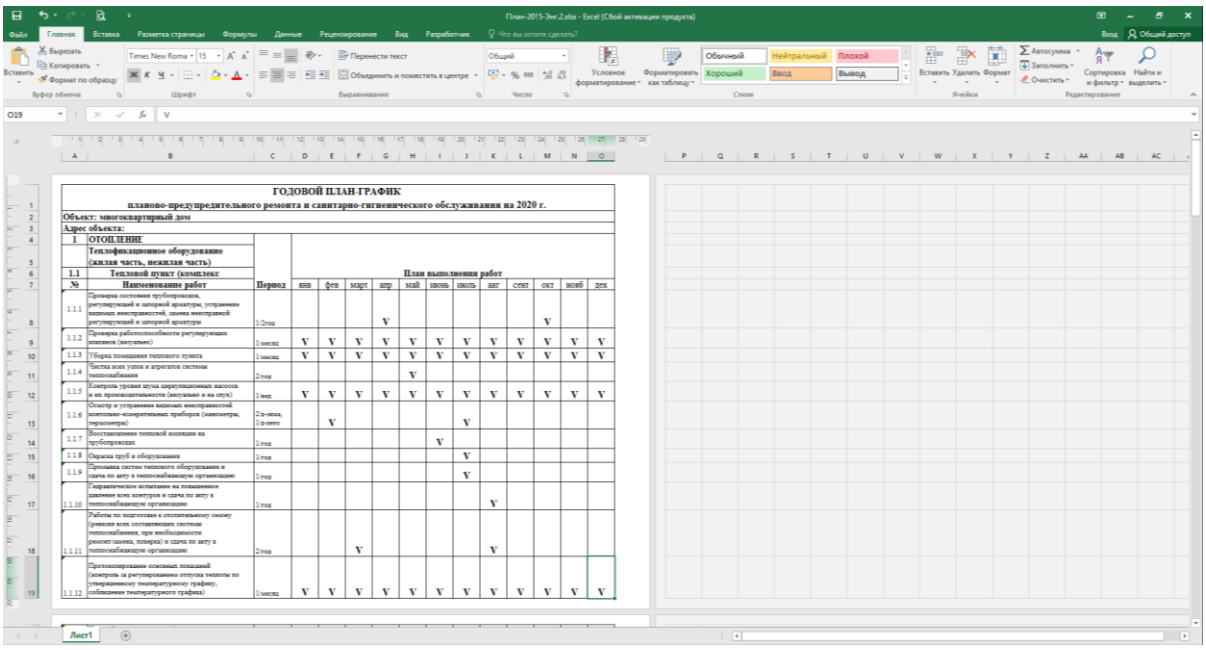
ГОДОВОЙ ПЛАН-ГРАФИК
планово-предупредительного ремонта и санитарно-гигиенического обслуживания на 2020 г.

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 (общая часть, вводная 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 зданий и объектов. 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 мелких неисправностей, смазка 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-мес, 1/в-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 (ремонт всех составляющих систем теплоснабжения, при необходимости ремонт/замена, поверка) и сдача по акту в теплоснабжающую организацию	2/год			V					V				
1.1.12	Протокотирование 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. Определение приведенных эксплуатационных затрат

Цель работы: Освоить методику определения приведенных эксплуатационных затрат.

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).

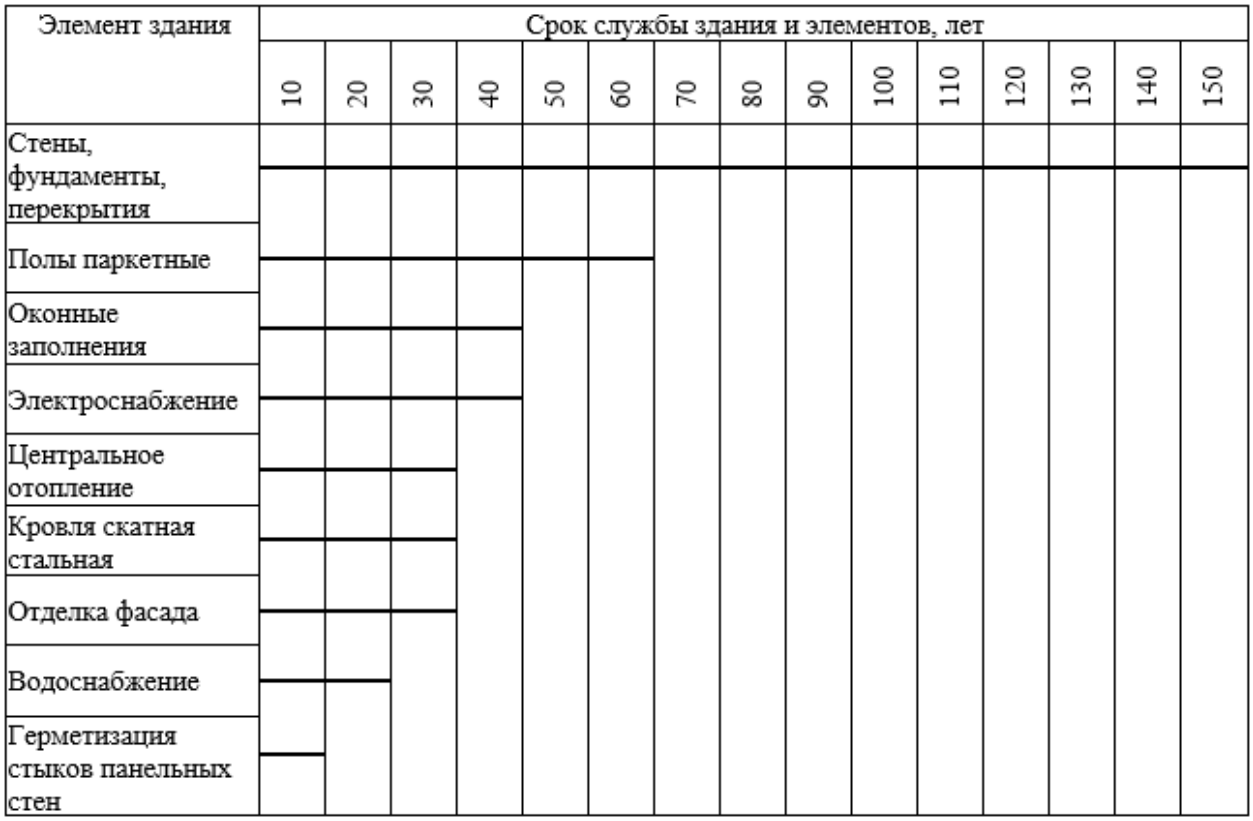


Рисунок 6.1. Пример соотношения сроков службы некоторых элементов здания

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. 6.1). 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
из керамзита, шлака	90

Элемент	Нормативный средний срок службы, лет
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

Элемент	Нормативный средний срок службы, лет
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:	
- *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

Элемент	Нормативный средний срок службы, лет
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
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

Элемент	Нормативный средний срок службы, лет
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
ствол	60

Ход выполнения работы:

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

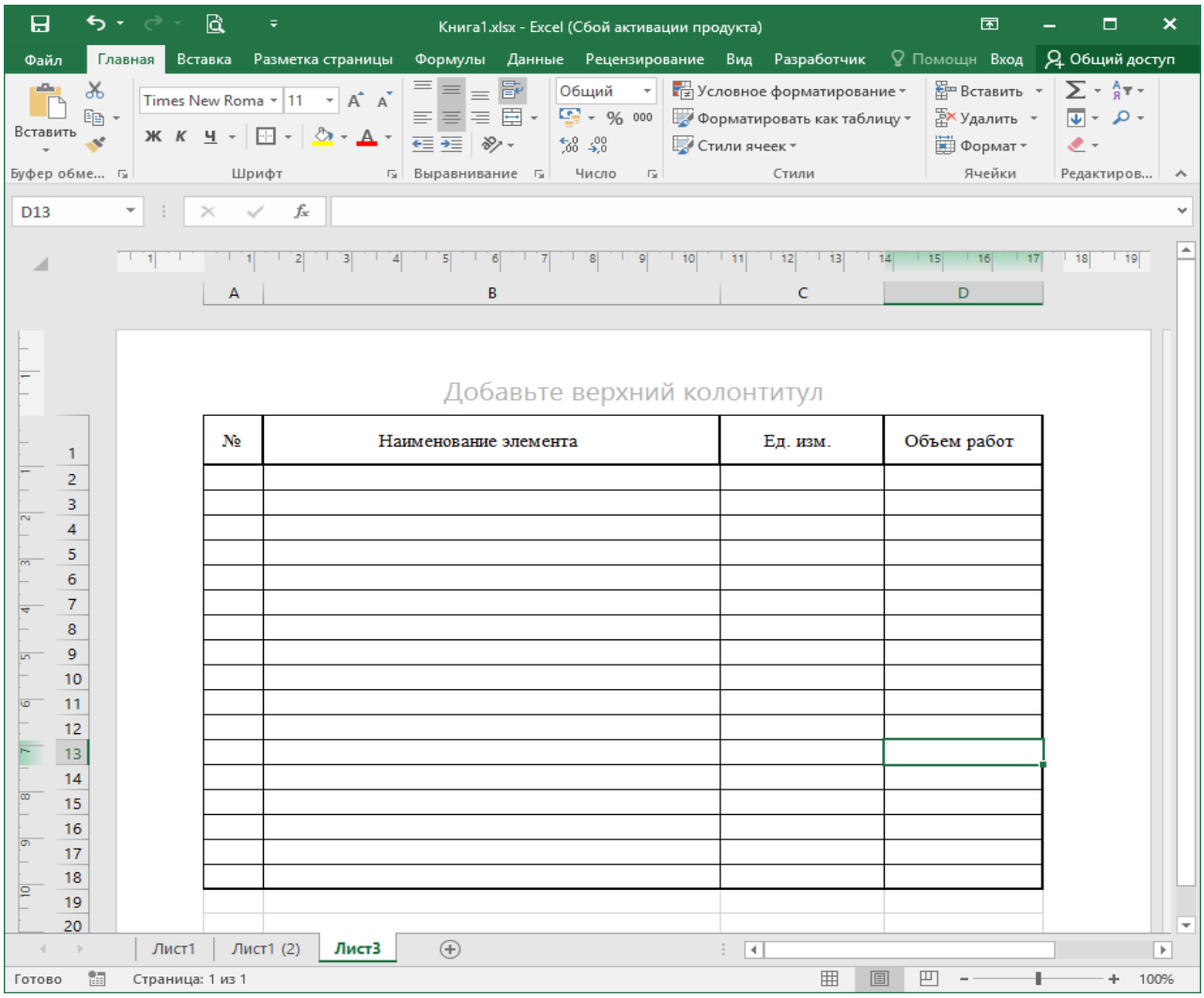
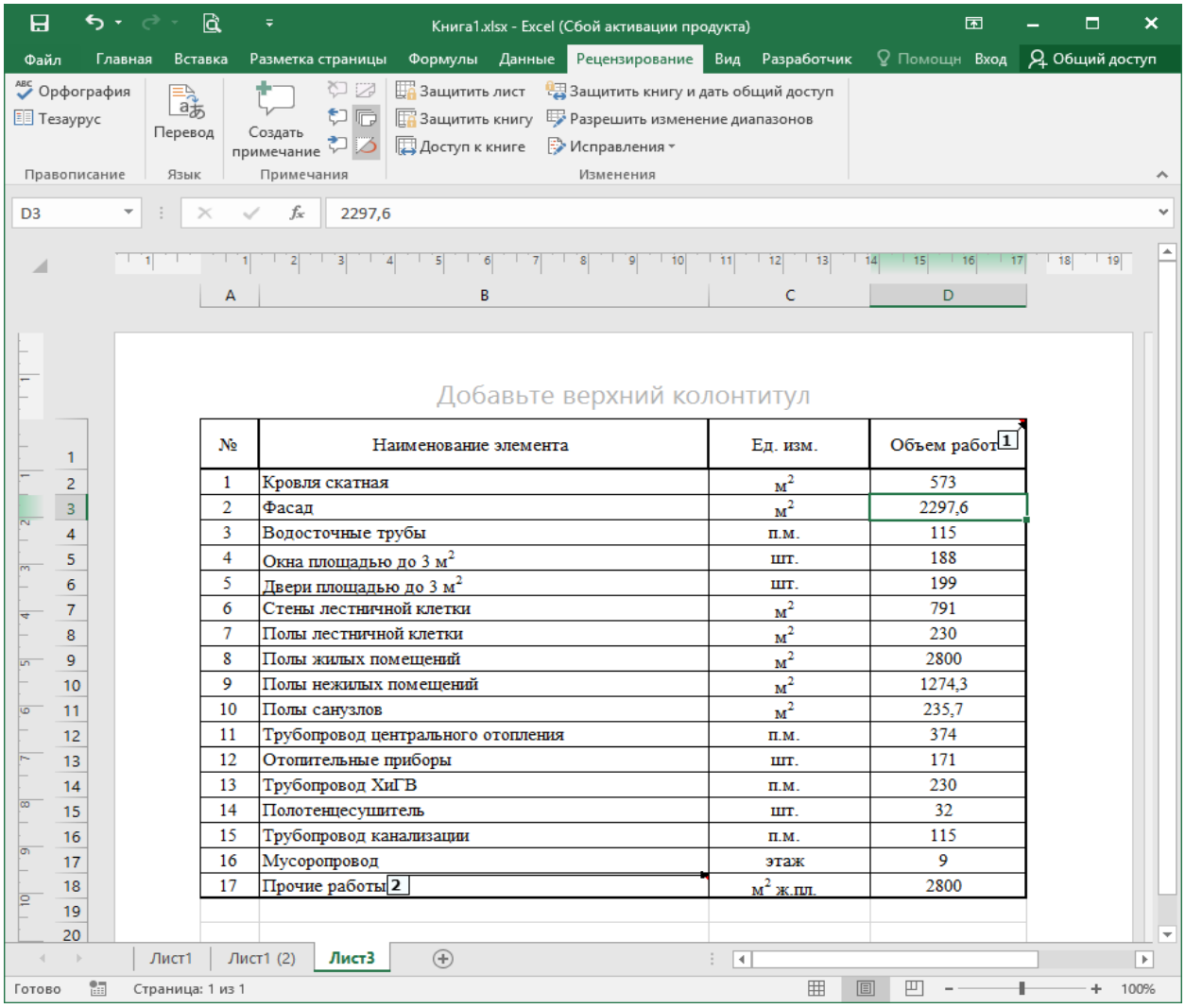


Рисунок 6.1. Ведомость подсчета объемов работ

2. Заполнить форму (рис. 6.1) исходными данными из варианта индивидуального задания (рис. 6.2).

Примечания:

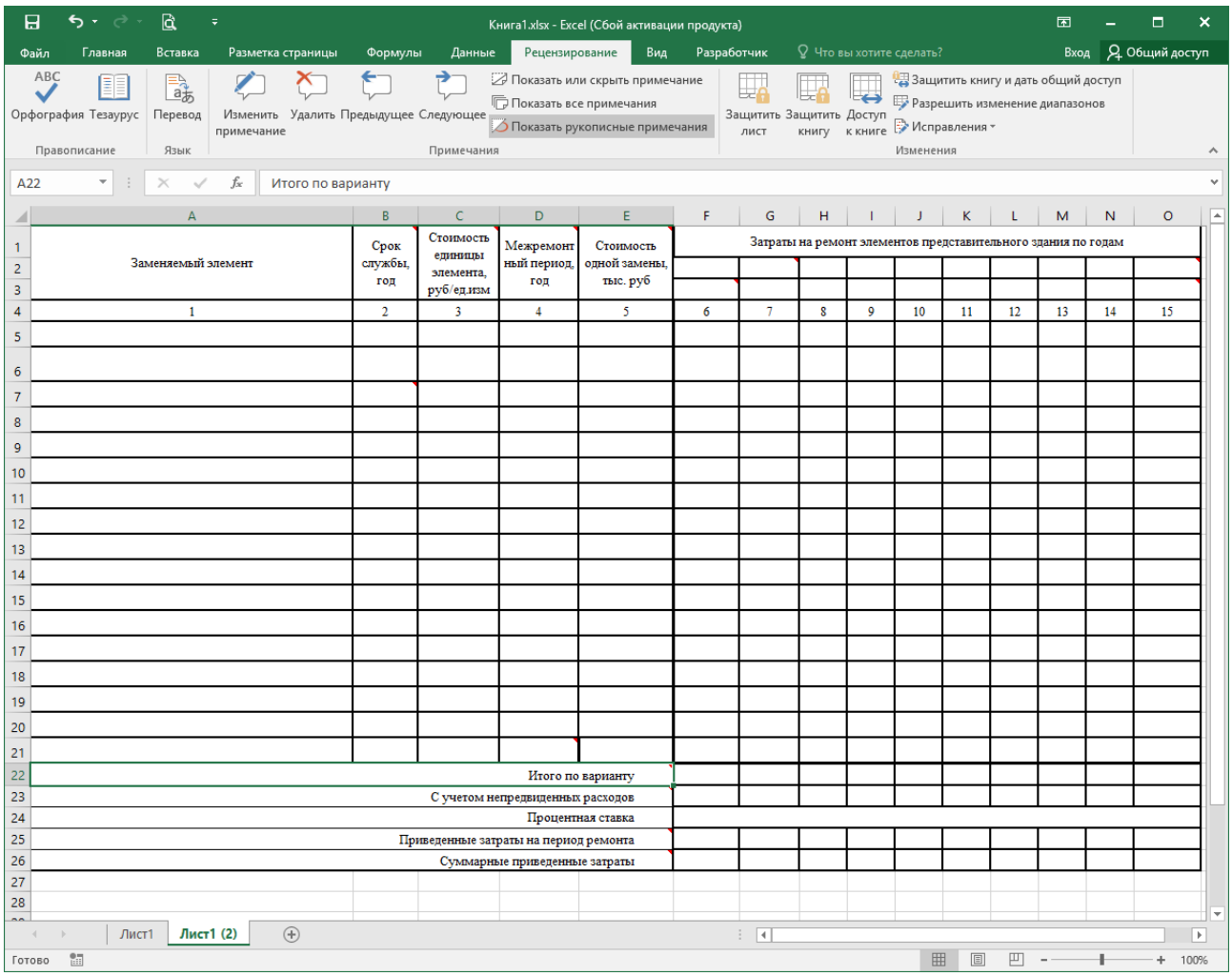
1) *Перечень ремонтных работ представлен в исходных данных в индивидуальном задании.*
2) *В пункте «Прочие работы» принимается во внимание, что не все виды работ учтены. Единица измерения – м^2 жилой (полезной для общественных зданий) площади.*



№	Наименование элемента	Ед. изм.	Объем работ 1
1	Кровля скатная	$м^2$	573
2	Фасад	$м^2$	2297,6
3	Водосточные трубы	п.м.	115
4	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	188
5	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	199
6	Стены лестничной клетки	$м^2$	791
7	Полы лестничной клетки	$м^2$	230
8	Полы жилых помещений	$м^2$	2800
9	Полы нежилых помещений	$м^2$	1274,3
10	Полы санузлов	$м^2$	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	$м^2$ ж.пл.	2800

Рисунок 6.2. 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. 6.3) [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 6.3. Форма таблицы «План замены сменяемых элементов здания при капитальном ремонте на остаточный срок службы»

4. Заполнить форму таблицы, представленной на рис. 6.3, используя ведомость подсчета объемов работ и табл. 6.2. (рис. 6.4).

Первым вариантом является предлагаемый студентом. Затем по результатам расчета проводится его оптимизация, которая может быть выполнена различными способами, например:

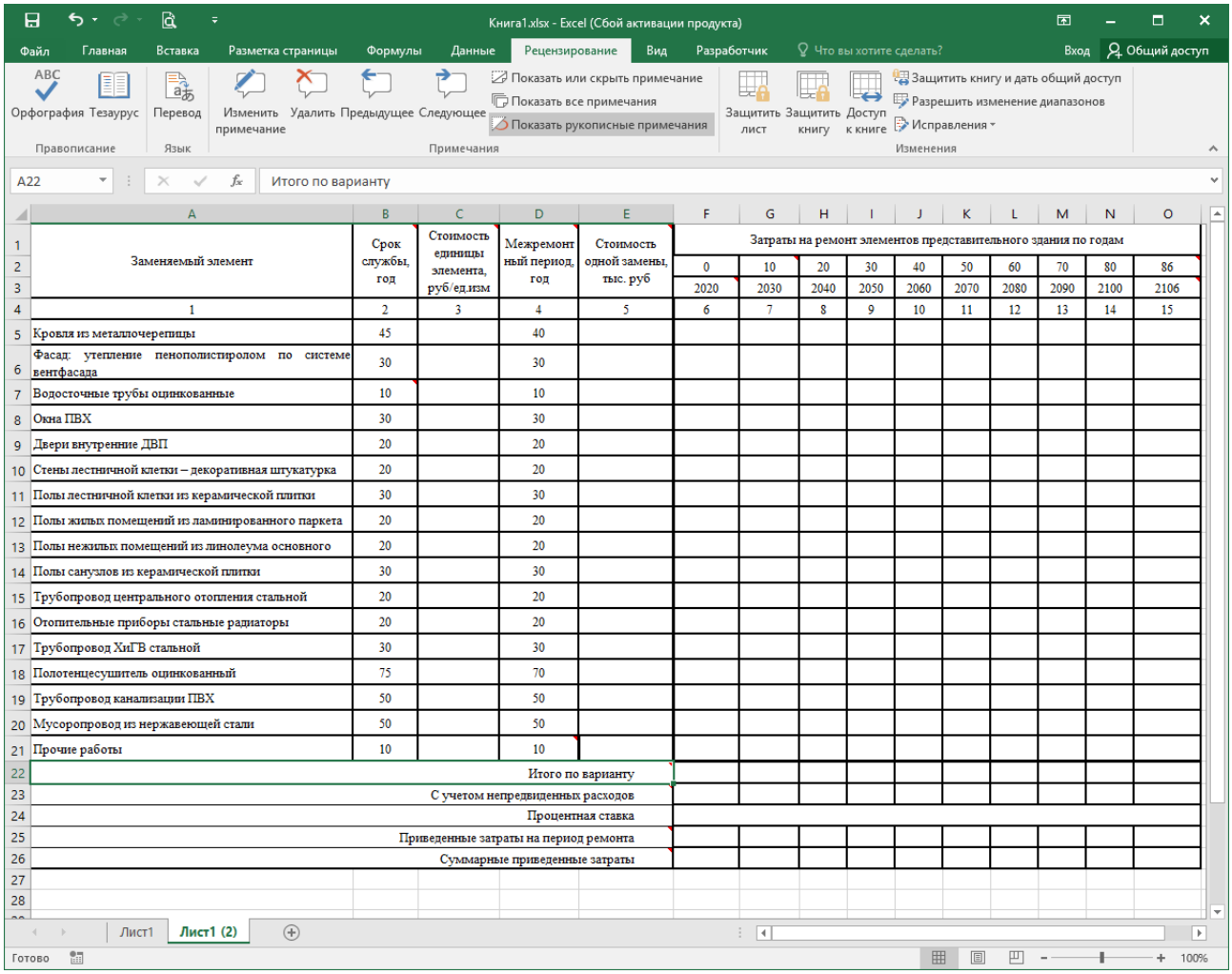
– принят совершенно другой набор материалов, конструктивных, технологических решений;

– 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.

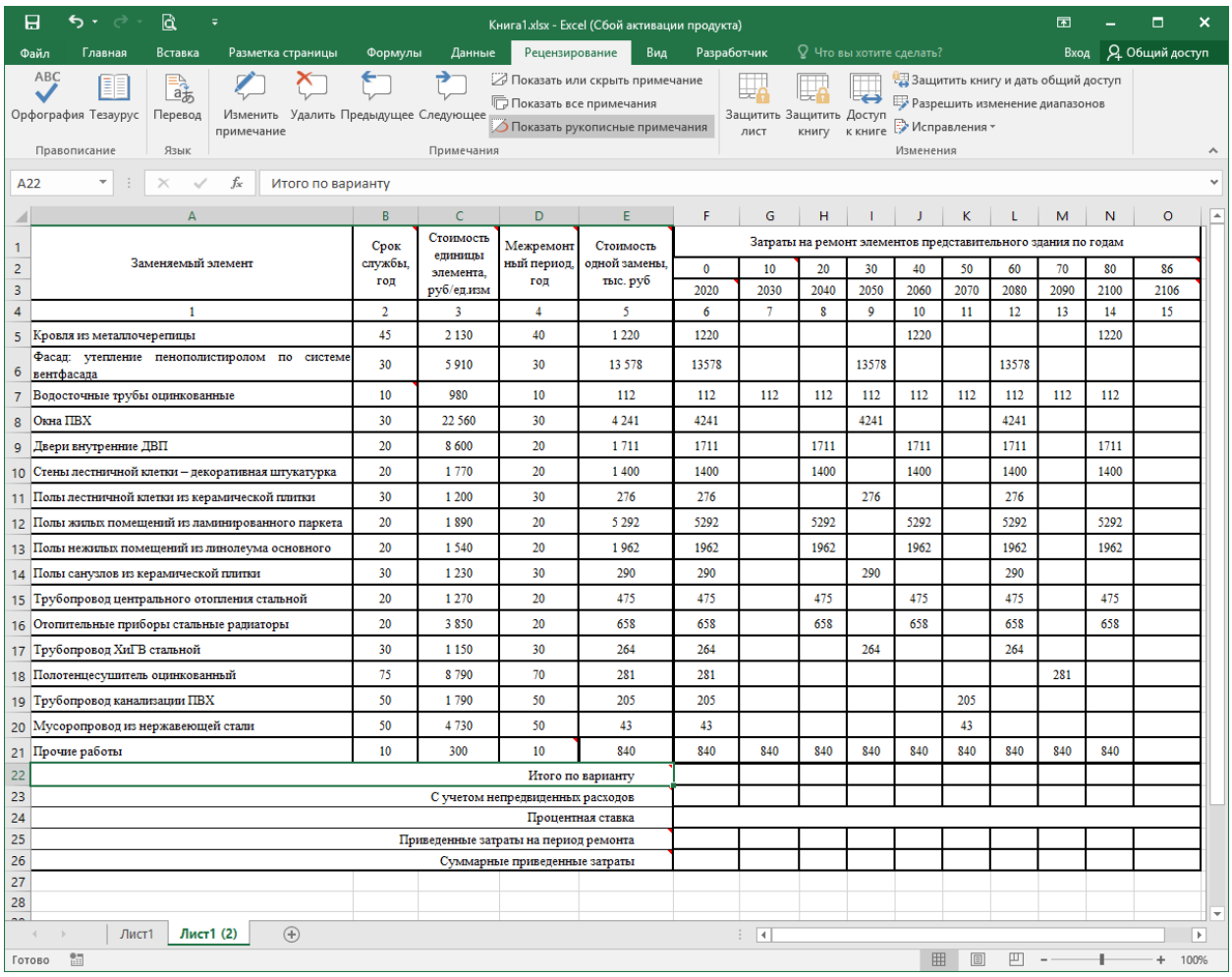


Заменяемый элемент	Срок службы, год	Стоимость единицы элемента, руб/ед.изм	Межремонтный период, год	Стоимость одной замены, тыс. руб	Затраты на ремонт элементов представительного здания по годам									
					0	10	20	30	40	50	60	70	80	86
					2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2106
1	2	3	4	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 6.4. 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. 6.5).



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 6.5. 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)

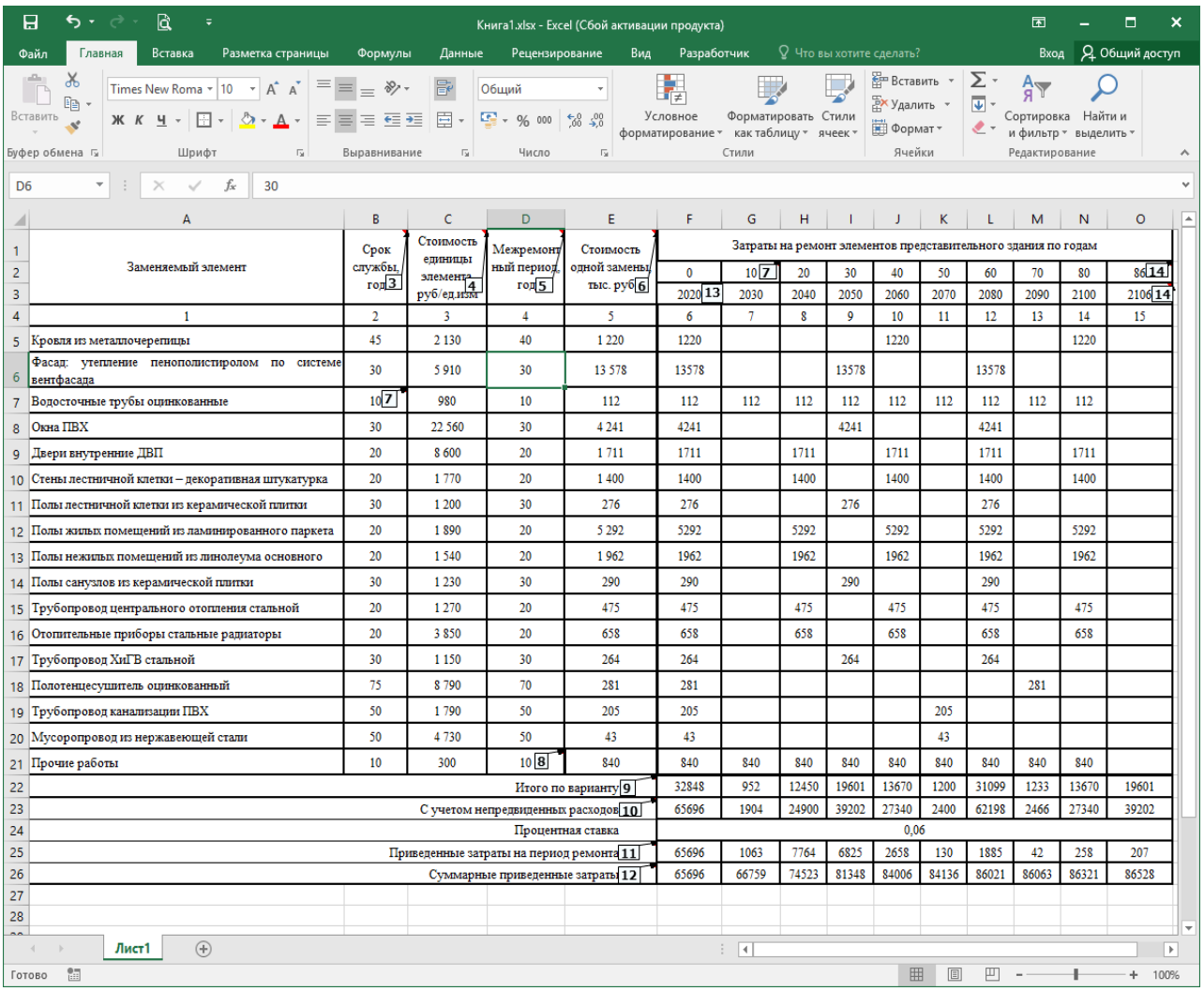
13) Текущий год выполнения задания. Приводятся те работы, которые даны в индивидуальном задании.

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 1.

• суммарные приведенные затраты на момент оценки определяются по формуле 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 6.6. 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. 6.7). В данном случае оптимальным конструктивны решением капитального ремонта будет вариант 3. Т.к. имеет меньшие приведенные эксплуатационные затраты по сравнению с 1 и 2 вариантами.

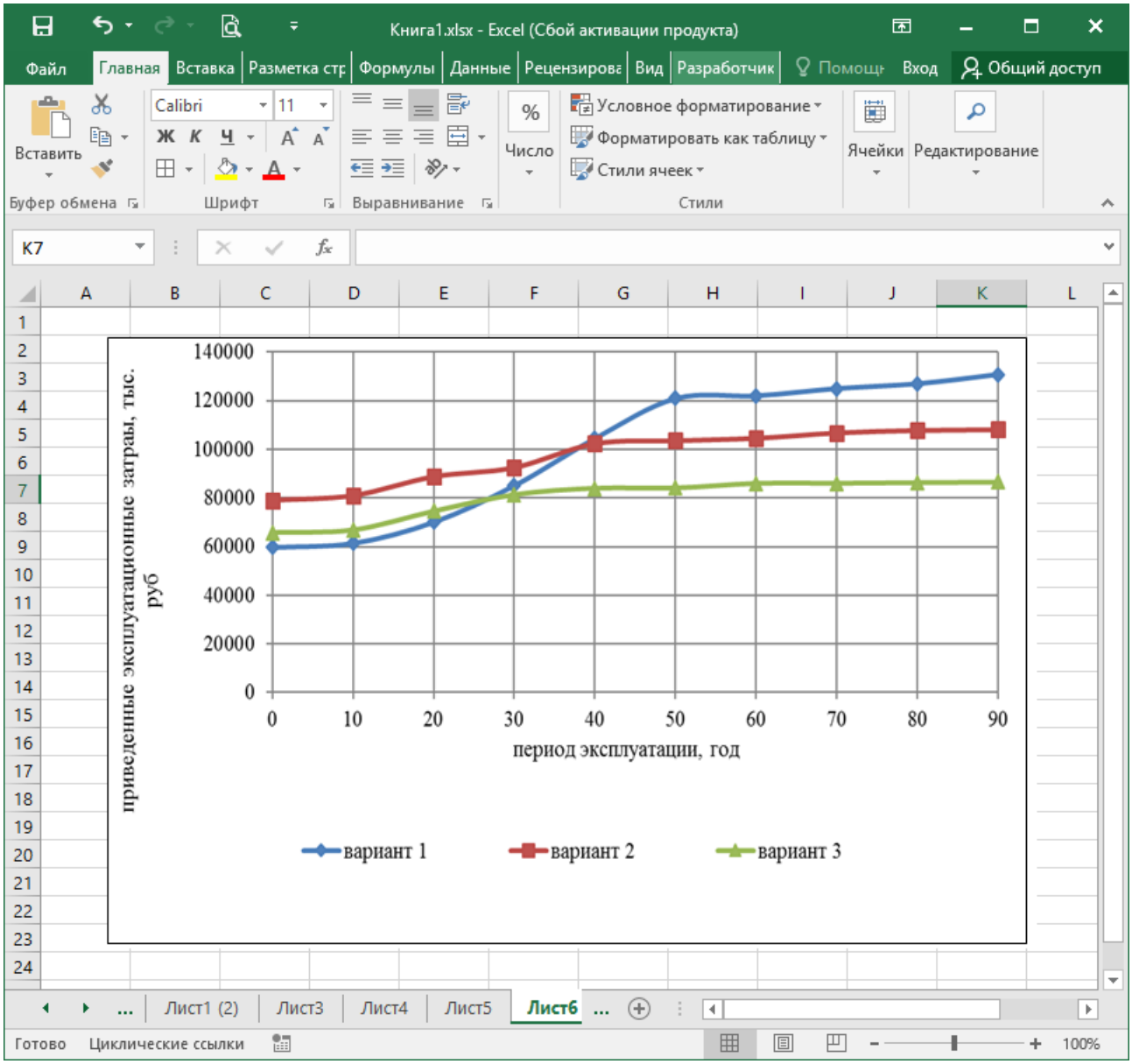


Рисунок 6.7. График изменения суммарных приведенных затрат по трем вариантам конструктивных решений ремонта

Задание для самостоятельного решения:

По исходным данным, приведенным в табл. 6.3-6.5 определить суммарные приведенные затраты по трем вариантам планов заменяемых элементов здания при капитальном ремонте и выбрать оптимальный вариант.

Таблица 6.3

Исходные данные (1 вариант)

Вариант	Заменяемый элемент	Ед. изм.	Объем работ	Срок службы Zср, лет	Остаточный срок службы здания, лет
1,11,21	Кровля скатная	$м^2$	595	40	100
	Фасад	$м^2$	3558	30	
	Водосточные трубы	п.м.	120	10	
2,12,22	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	195	30	95
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	190	20	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	695	20	
3,13,23	Полы лестничной клетки	$м^2$	223	30	120
	Полы жилых помещений	$м^2$	3500	20	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	2155	20	
4,14,24	Полы санузлов	$м^2$	286	30	110
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	405	20	
	Отопительные приборы	шт.	199	20	
5,15,25	Трубопровод ХиГВ	п.м.	290	30	105
	Полотенцесушитель	шт.	44	70	
	Трубопровод канализации	п.м.	166	20	
6,16,26	Кровля скатная	$м^2$	573	30	99
	Фасад	$м^2$	2297,6	40	
	Водосточные трубы	п.м.	115	15	
7,17,27	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	188	20	92
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	199	20	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	791	25	
8,18,28	Полы лестничной клетки	$м^2$	230	30	88
	Полы жилых помещений	$м^2$	2800	25	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	1274,3	20	
9,19,29	Полы санузлов	$м^2$	235,7	20	112
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	374	25	
	Отопительные приборы	шт.	171	30	
10,20,30	Трубопровод ХиГВ	п.м.	230	30	115
	Полотенцесушитель	шт.	32	65	
	Трубопровод канализации	п.м.	115	55	

Таблица 6.4

Исходные данные (2 вариант)

Вариант	Заменяемый элемент	Ед. изм.	Объем работ	Срок службы Zср, лет	Остаточный срок службы здания, лет
1,11,21	Кровля скатная	$м^2$	595	45	100
	Фасад	$м^2$	3558	36	
	Водосточные трубы	п.м.	120	15	
2,12,22	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	195	35	95
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	190	15	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	695	40	
3,13,23	Полы лестничной клетки	$м^2$	223	40	120
	Полы жилых помещений	$м^2$	3500	20	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	2155	35	
4,14,24	Полы санузлов	$м^2$	286	32	110
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	405	25	
	Отопительные приборы	шт.	199	15	
5,15,25	Трубопровод ХиГВ	п.м.	290	27	105
	Полотенцесушитель	шт.	44	75	
	Трубопровод канализации	п.м.	166	25	
6,16,26	Кровля скатная	$м^2$	573	38	99
	Фасад	$м^2$	2297,6	45	
	Водосточные трубы	п.м.	115	20	
7,17,27	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	188	25	92
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	199	30	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	791	35	
8,18,28	Полы лестничной клетки	$м^2$	230	40	88
	Полы жилых помещений	$м^2$	2800	20	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	1274,3	30	
9,19,29	Полы санузлов	$м^2$	235,7	25	112
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	374	30	
	Отопительные приборы	шт.	171	35	
10,20,30	Трубопровод ХиГВ	п.м.	230	35	115
	Полотенцесушитель	шт.	32	70	
	Трубопровод канализации	п.м.	115	75	

Таблица 6.5

Исходные данные (3 вариант)

Вариант	Заменяемый элемент	Ед. изм.	Объем работ	Срок службы Zср, лет	Остаточный срок службы здания, лет
1,11,21	Кровля скатная	$м^2$	595	15	100
	Фасад	$м^2$	3558	31	
	Водосточные трубы	п.м.	120	43	
2,12,22	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	195	27	95
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	190	28	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	695	45	
3,13,23	Полы лестничной клетки	$м^2$	223	22	120
	Полы жилых помещений	$м^2$	3500	25	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	2155	56	
4,14,24	Полы санузлов	$м^2$	286	38	110
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	405	69	
	Отопительные приборы	шт.	199	45	
5,15,25	Трубопровод ХиГВ	п.м.	290	21	105
	Полотенцесушитель	шт.	44	31	
	Трубопровод канализации	п.м.	166	55	
6,16,26	Кровля скатная	$м^2$	573	47	99
	Фасад	$м^2$	2297,6	49	
	Водосточные трубы	п.м.	115	18	
7,17,27	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	188	22	92
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	199	30	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	791	52	
8,18,28	Полы лестничной клетки	$м^2$	230	60	88
	Полы жилых помещений	$м^2$	2800	47	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	1274,3	51	
9,19,29	Полы санузлов	$м^2$	235,7	65	112
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	374	39	
	Отопительные приборы	шт.	171	23	
10,20,30	Трубопровод ХиГВ	п.м.	230	17	115
	Полотенцесушитель	шт.	32	25	
	Трубопровод канализации	п.м.	115	70	

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, 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	$\Delta Z_i \cdot n_i$	$Z_i \cdot n_i - \Delta Z_i \cdot n_i$

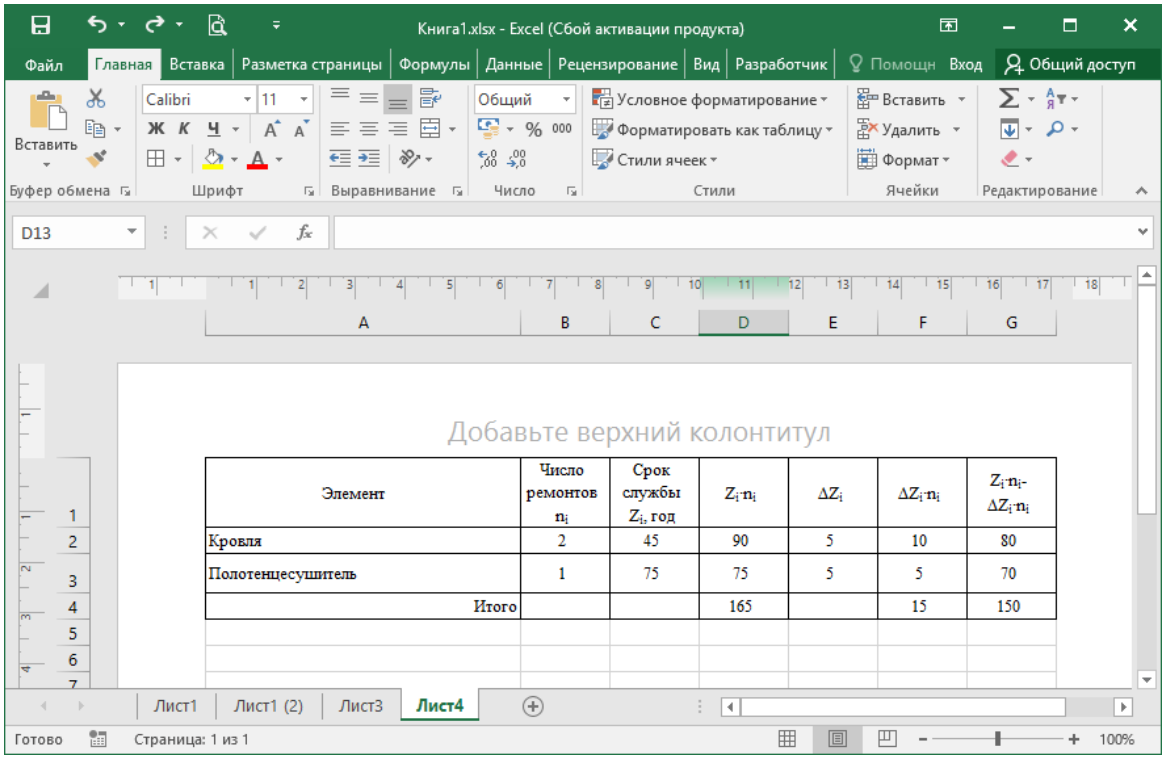


Рисунок 7.1. Заполненная форма таблицы «Определение использования ресурса элементов здания»

Примечания:

Первым вариантом является предлагаемый студентом. 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 рекомендуется использовать из компьютерного практикума №6.

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

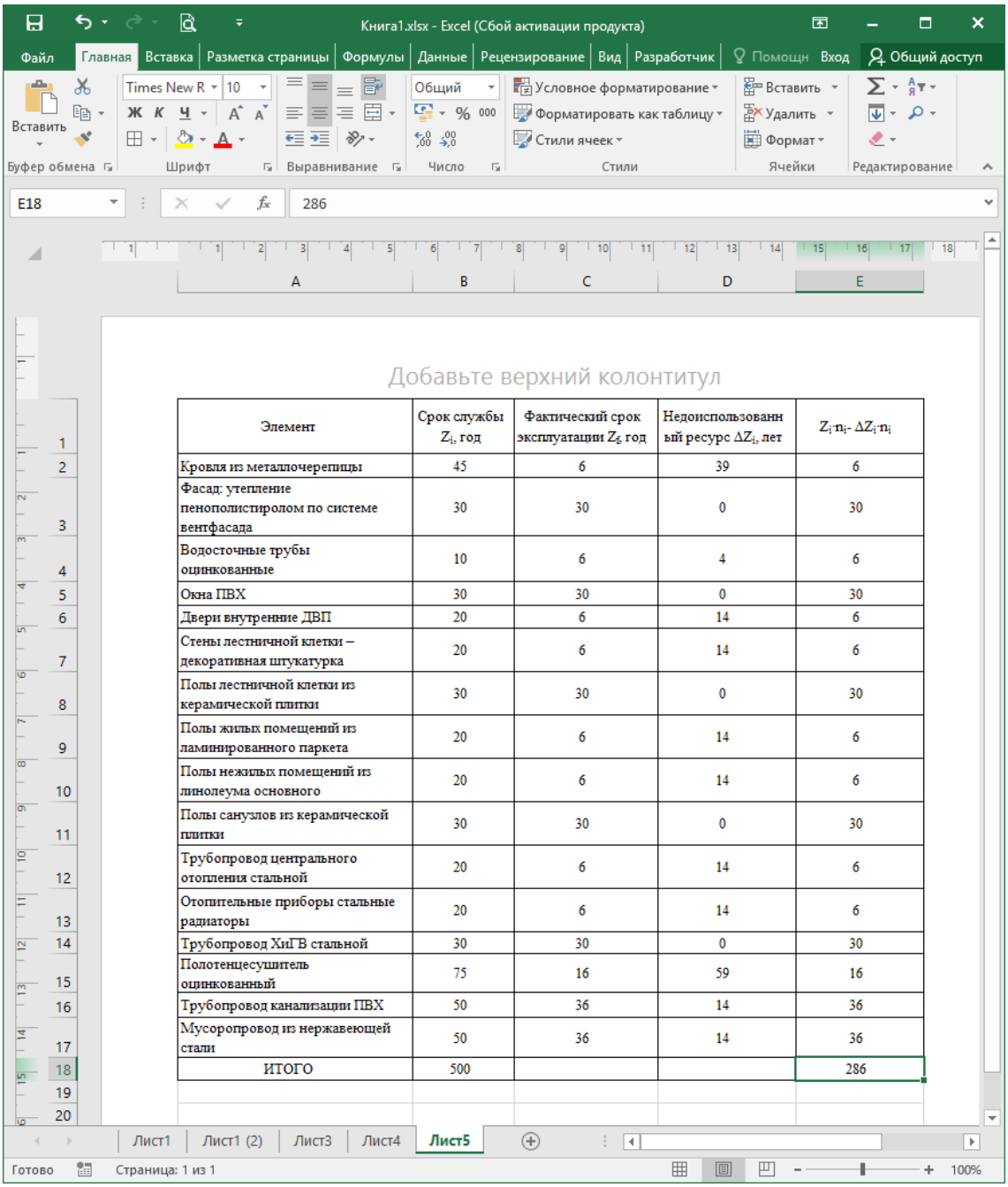
$$k_{ир} = \frac{\sum_{i=1}^{N} Z_i \cdot n_i - \sum_{i=1}^{N} \Delta Z_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^{N} Z_i \cdot n_i} = \frac{165 - 15}{165} = \frac{150}{165} = 0{,}91$$

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				



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

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.

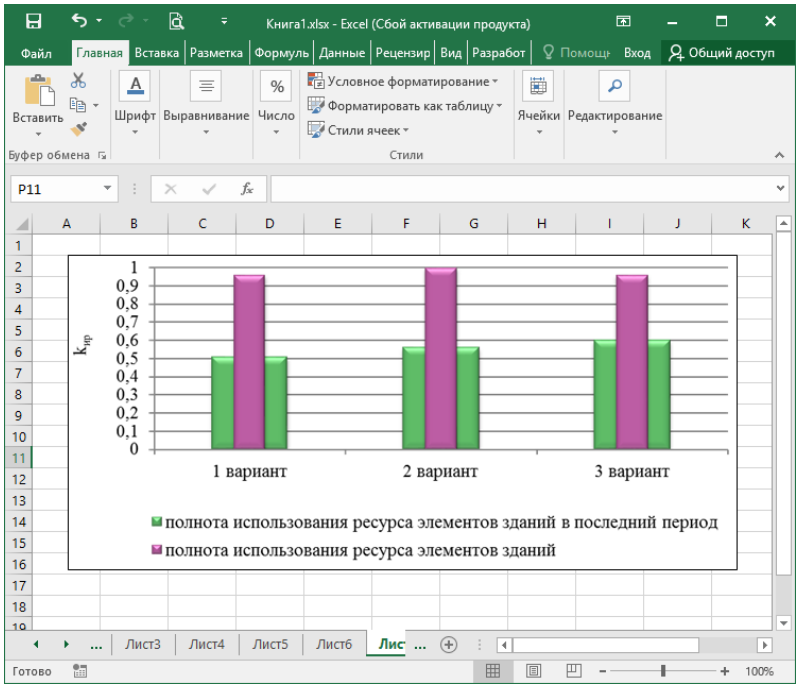


Рисунок 7.3. Диаграмма оценки полноты использования элементов здания по трем вариантам конструктивных решений

Задание для самостоятельного решения:

По исходным данным, приведенным в табл. 7.3-7.5 оценить полноту использования ресурса на весь период и в последний срок эксплуатации по трем вариантам планов заменяемых элементов здания при капитальном ремонте и выбрать оптимальный вариант.

Таблица 7.3

Исходные данные (1 вариант)

Вариант	Заменяемый элемент	Ед. изм.	Объем работ	Срок службы Zср, лет	Остаточный срок службы здания, лет
1,11,21	Кровля скатная	$м^2$	595	40	100
	Фасад	$м^2$	3558	30	
	Водосточные трубы	п.м.	120	10	
2,12,22	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	195	30	95
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	190	20	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	695	20	
3,13,23	Полы лестничной клетки	$м^2$	223	30	120
	Полы жилых помещений	$м^2$	3500	20	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	2155	20	
4,14,24	Полы санузлов	$м^2$	286	30	110
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	405	20	
	Отопительные приборы	шт.	199	20	
5,15,25	Трубопровод ХиГВ	п.м.	290	30	105
	Полотенцесушитель	шт.	44	70	
	Трубопровод канализации	п.м.	166	20	
6,16,26	Кровля скатная	$м^2$	573	30	99
	Фасад	$м^2$	2297,6	40	
	Водосточные трубы	п.м.	115	15	
7,17,27	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	188	20	92
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	199	20	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	791	25	
8,18,28	Полы лестничной клетки	$м^2$	230	30	88
	Полы жилых помещений	$м^2$	2800	25	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	1274,3	20	
9,19,29	Полы санузлов	$м^2$	235,7	20	112
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	374	25	
	Отопительные приборы	шт.	171	30	
10,20,30	Трубопровод ХиГВ	п.м.	230	30	115
	Полотенцесушитель	шт.	32	65	
	Трубопровод канализации	п.м.	115	55	

Таблица 7.4

Исходные данные (2 вариант)

Вариант	Заменяемый элемент	Ед. изм.	Объем работ	Срок службы Zср, лет	Остаточный срок службы здания, лет
1,11,21	Кровля скатная	$м^2$	595	45	100
	Фасад	$м^2$	3558	36	
	Водосточные трубы	п.м.	120	15	
2,12,22	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	195	35	95
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	190	15	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	695	40	
3,13,23	Полы лестничной клетки	$м^2$	223	40	120
	Полы жилых помещений	$м^2$	3500	20	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	2155	35	
4,14,24	Полы санузлов	$м^2$	286	32	110
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	405	25	
	Отопительные приборы	шт.	199	15	
5,15,25	Трубопровод ХиГВ	п.м.	290	27	105
	Полотенцесушитель	шт.	44	75	
	Трубопровод канализации	п.м.	166	25	
6,16,26	Кровля скатная	$м^2$	573	38	99
	Фасад	$м^2$	2297,6	45	
	Водосточные трубы	п.м.	115	20	
7,17,27	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	188	25	92
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	199	30	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	791	35	
8,18,28	Полы лестничной клетки	$м^2$	230	40	88
	Полы жилых помещений	$м^2$	2800	20	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	1274,3	30	
9,19,29	Полы санузлов	$м^2$	235,7	25	112
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	374	30	
	Отопительные приборы	шт.	171	35	
10,20,30	Трубопровод ХиГВ	п.м.	230	35	115
	Полотенцесушитель	шт.	32	70	
	Трубопровод канализации	п.м.	115	75	

Таблица 7.5

Исходные данные (3 вариант)

Вариант	Заменяемый элемент	Ед. изм.	Объем работ	Срок службы Zср, лет	Остаточный срок службы здания, лет
1,11,21	Кровля скатная	$м^2$	595	15	100
	Фасад	$м^2$	3558	31	
	Водосточные трубы	п.м.	120	43	
2,12,22	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	195	27	95
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	190	28	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	695	45	
3,13,23	Полы лестничной клетки	$м^2$	223	22	120
	Полы жилых помещений	$м^2$	3500	25	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	2155	56	
4,14,24	Полы санузлов	$м^2$	286	38	110
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	405	69	
	Отопительные приборы	шт.	199	45	
5,15,25	Трубопровод ХиГВ	п.м.	290	21	105
	Полотенцесушитель	шт.	44	31	
	Трубопровод канализации	п.м.	166	55	
6,16,26	Кровля скатная	$м^2$	573	47	99
	Фасад	$м^2$	2297,6	49	
	Водосточные трубы	п.м.	115	18	
7,17,27	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	188	22	92
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	199	30	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	791	52	
8,18,28	Полы лестничной клетки	$м^2$	230	60	88
	Полы жилых помещений	$м^2$	2800	47	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	1274,3	51	
9,19,29	Полы санузлов	$м^2$	235,7	65	112
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	374	39	
	Отопительные приборы	шт.	171	23	
10,20,30	Трубопровод ХиГВ	п.м.	230	17	115
	Полотенцесушитель	шт.	32	25	
	Трубопровод канализации	п.м.	115	70	

Компьютерный практикум №8. Выполнение многокритериальной оптимизации проектного решения ремонтов

Цель работы: Освоить методику многокритериальной оптимизации проектного решения ремонтов.

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

Теоретические основы

Оценка надежности по величине вероятности отказов элементов производится по формуле (8.1):

$$I_{\text{отк}} = \sum_{i=1}^{n} V_i k_i^v \frac{\pi Z_{\text{пл}(i)}}{4(Z_{\text{ср}(i)})^2} \qquad (8.1)$$

где V_i — объем работ по восстановлению i—го элемента при капитальном ремонте, тыс. масштабных единиц (п.м., кв.м., шт.);

k_i^v — коэффициент пересчета из масштабных единиц в натуральные показатели, учитывающий время эксплуатации элементов и определяемый по номограмме на рис. 8.1. У номограммы разные интервалы, для $Z_{\text{пл}}/Z_{\text{ср}}=1$ $k^v=1$;

n — количество рассматриваемых элементов.

Если предусматривается замена отказавшего оборудования, то частота отказов рассчитывается по формуле (8.2):

$$I_{\text{отк}} = \frac{I_{\text{отк}}^{\text{отн}}}{Z_{\text{ср}}} \frac{V}{100} \qquad (8.2)$$

где $I_{\text{отк}}^{\text{отн}}$ — относительная частота отказов, определяемая по номограмме рис. 8.2.

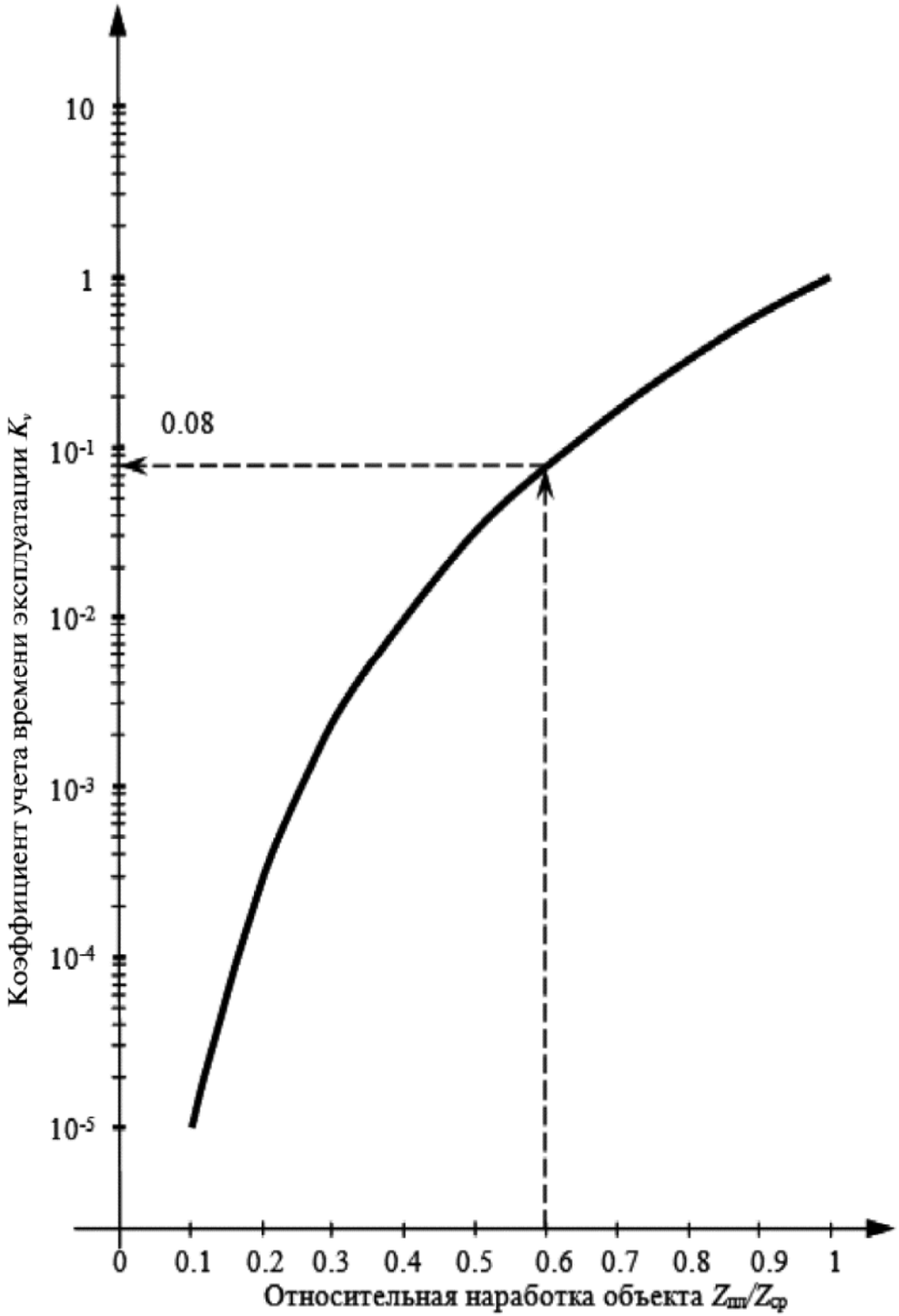


Рисунок 8.1. Номограмма для определения коэффициента пересчета

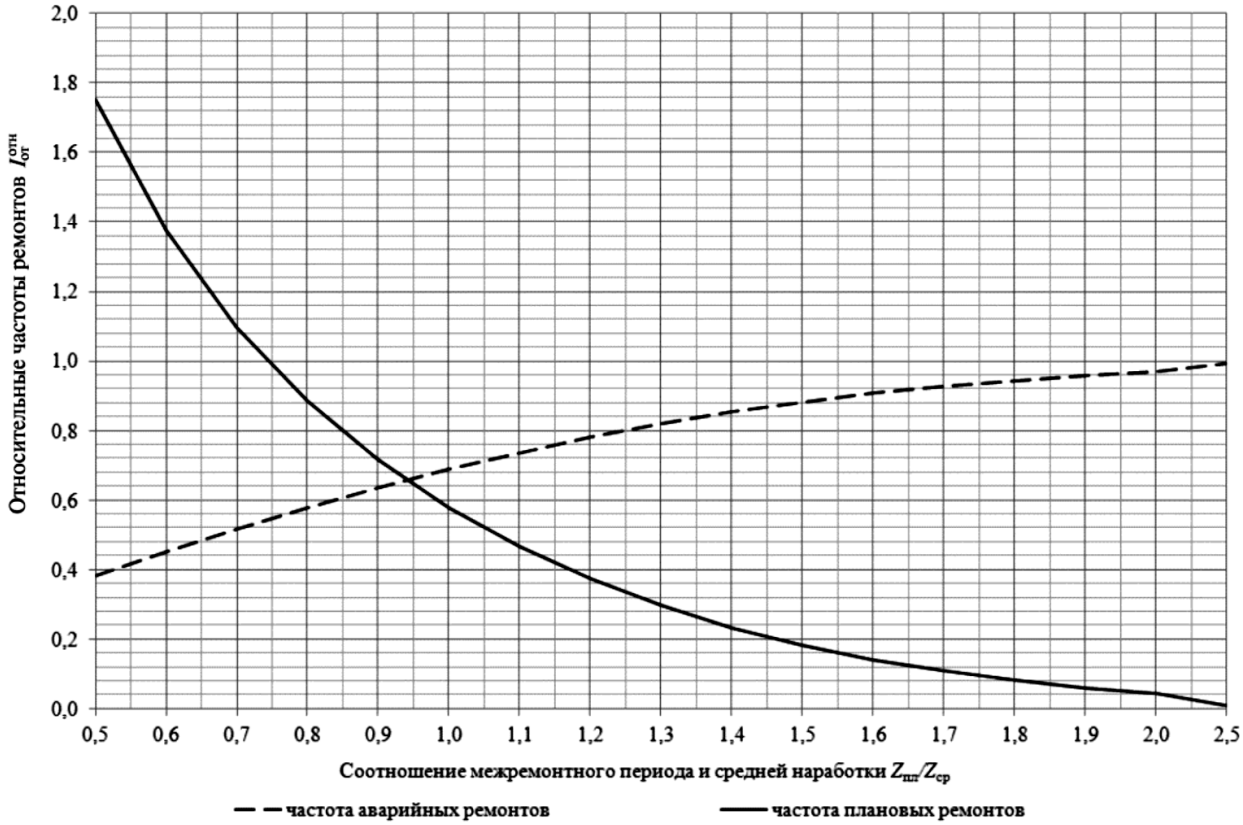


Рисунок 8.2. Номограмма для определения относительной частоты ремонтов

Ход выполнения работы:

Запустить Excel в режиме разметки страницы, создать таблицу «Определение безотказности элементов здания (1 вариант)» (рис. 8.3).

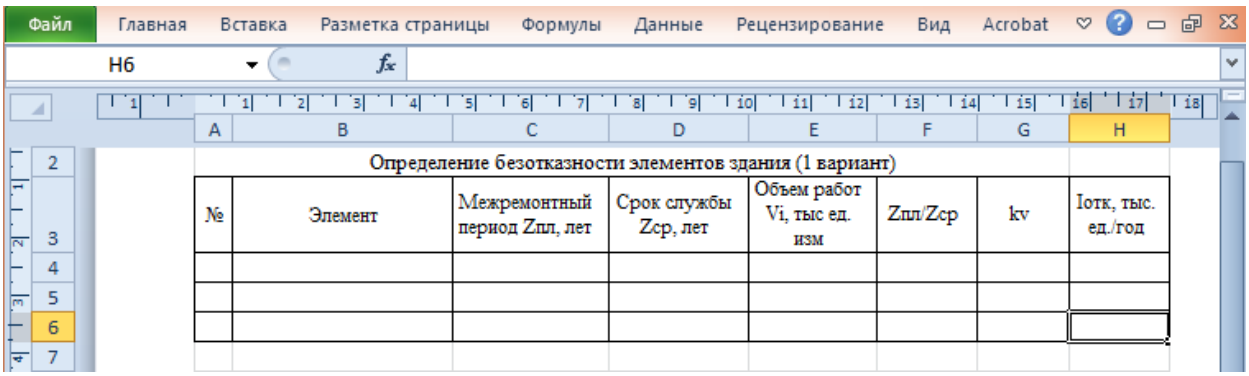


Рисунок 8.3. Форма таблицы «Определение безотказности элементов здания (1 вариант)» в Excel

При заполнении таблицы по столбцам «B», «C», «D», «E» рекомендуется использовать сведения из **компьютерного практикума №6** и произвести расчет $Z_{пл}/Z_{ср}$ (рис. 8.4).

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat

F20 =C20/D20

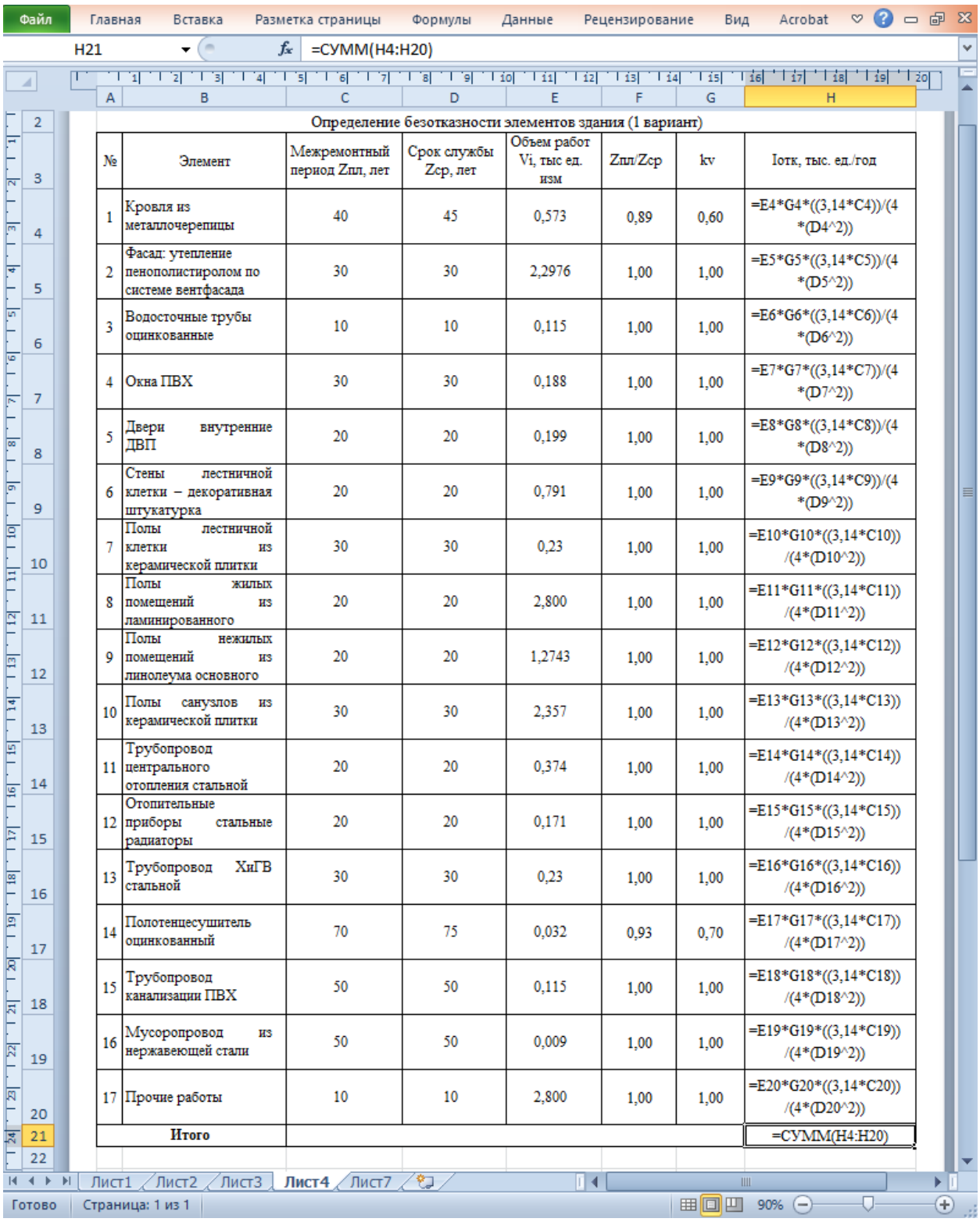
Определение безотказности элементов здания (1 вариант)

№	Элемент	Межремонтный период Zпл, лет	Срок службы Zср, лет	Объем работ Vi, тыс ед. изм	Zпл/Zср	kv	Iотк, тыс. ед./год
1	Кровля из металлочерепицы	40	45	573	=C4/D4		
2	Фасад: утепление пенополистиролом по системе вентфасада	30	30	2297,6	=C5/D5		
3	Водосточные трубы оцинкованные	10	10	115	=C6/D6		
4	Окна ПВХ	30	30	188	=C7/D7		
5	Двери внутренние ДВП	20	20	199	=C8/D8		
6	Стены лестничной клетки – декоративная штукатурка	20	20	791	=C9/D9		
7	Полы лестничной клетки из керамической плитки	30	30	230	=C10/D10		
8	Полы жилых помещений из ламинированного паркета	20	20	2800	=C11/D11		
9	Полы нежилых помещений из линолеума основного	20	20	1274,3	=C12/D12		
10	Полы санузлов из керамической плитки	30	30	235,7	=C13/D13		
11	Трубопровод центрального отопления стальной	20	20	374	=C14/D14		
12	Отопительные приборы стальные радиаторы	20	20	171	=C15/D15		
13	Трубопровод ХиГВ стальной	30	30	230	=C16/D16		
14	Полотенцесушитель оцинкованный	70	75	32	=C17/D17		
15	Трубопровод канализации ПВХ	50	50	115	=C18/D18		
16	Мусоропровод из нержавеющей стали	50	50	9	=C19/D19		
17	Прочие работы	10	10	2800	=C20/D20		

Рисунок 8.4. Заполненная форма таблицы «Определение безотказности элементов здания (1 вариант)» по столбцам «A»-«F» в Excel

По номограмме (рис. 8.1) необходимо определить k^v и внести значения в столбец «G».

По формуле (8.1) определяем частоту отказов $I_{отк}$ и заполняем таблицу по столбцу «H».



Определение безотказности элементов здания (1 вариант)

№	Элемент	Межремонтный период Zпл, лет	Срок службы Zср, лет	Объем работ Vi, тыс ед. изм	Zпл/Zср	kv	Iотк, тыс. ед./год
1	Кровля из металлочерепицы	40	45	0,573	0,89	0,60	=E4*G4*((3,14*C4))/(4*(D4^2))
2	Фасад: утепление пенополистиролом по системе вентфасада	30	30	2,2976	1,00	1,00	=E5*G5*((3,14*C5))/(4*(D5^2))
3	Водосточные трубы оцинкованные	10	10	0,115	1,00	1,00	=E6*G6*((3,14*C6))/(4*(D6^2))
4	Окна ПВХ	30	30	0,188	1,00	1,00	=E7*G7*((3,14*C7))/(4*(D7^2))
5	Двери внутренние ДВП	20	20	0,199	1,00	1,00	=E8*G8*((3,14*C8))/(4*(D8^2))
6	Стены лестничной клетки – декоративная штукатурка	20	20	0,791	1,00	1,00	=E9*G9*((3,14*C9))/(4*(D9^2))
7	Полы лестничной клетки из керамической плитки	30	30	0,23	1,00	1,00	=E10*G10*((3,14*C10))/(4*(D10^2))
8	Полы жилых помещений из ламинированного	20	20	2,800	1,00	1,00	=E11*G11*((3,14*C11))/(4*(D11^2))
9	Полы нежилых помещений из линолеума основного	20	20	1,2743	1,00	1,00	=E12*G12*((3,14*C12))/(4*(D12^2))
10	Полы санузлов из керамической плитки	30	30	2,357	1,00	1,00	=E13*G13*((3,14*C13))/(4*(D13^2))
11	Трубопровод центрального отопления стальной	20	20	0,374	1,00	1,00	=E14*G14*((3,14*C14))/(4*(D14^2))
12	Отопительные приборы стальные радиаторы	20	20	0,171	1,00	1,00	=E15*G15*((3,14*C15))/(4*(D15^2))
13	Трубопровод ХиГВ стальной	30	30	0,23	1,00	1,00	=E16*G16*((3,14*C16))/(4*(D16^2))
14	Полотенцесушитель оцинкованный	70	75	0,032	0,93	0,70	=E17*G17*((3,14*C17))/(4*(D17^2))
15	Трубопровод канализации ПВХ	50	50	0,115	1,00	1,00	=E18*G18*((3,14*C18))/(4*(D18^2))
16	Мусоропровод из нержавеющей стали	50	50	0,009	1,00	1,00	=E19*G19*((3,14*C19))/(4*(D19^2))
17	Прочие работы	10	10	2,800	1,00	1,00	=E20*G20*((3,14*C20))/(4*(D20^2))
	Итого						=СУММ(H4:H20)

Рисунок 8.5. Заполненная форма таблицы по столбцам «G» и «H»

Произведя суммирование столбца «H» получим $I_{отк}$ (1 вариант) = 0,5952.

Для расчета частоты отказов по второму и третьему варианту необходимо сформировать аналогичные таблицы, отличающиеся вариантами, и повторить все действия.

Задание для самостоятельного решения:

По исходным данным, приведенным в табл. 8.1-8.3 определить частоту отказов применяемых материалов, определить оптимальный вариант.

Таблица 8.1

Исходные данные (1 вариант)

Вариант	Заменяемый элемент	Ед. изм.	Объем работ	Срок службы Zср, лет	Остаточный срок службы здания, лет
1,11,21	Кровля скатная	$м^2$	595	40	100
	Фасад	$м^2$	3558	30	
	Водосточные трубы	п.м.	120	10	
2,12,22	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	195	30	95
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	190	20	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	695	20	
3,13,23	Полы лестничной клетки	$м^2$	223	30	120
	Полы жилых помещений	$м^2$	3500	20	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	2155	20	
4,14,24	Полы санузлов	$м^2$	286	30	110
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	405	20	
	Отопительные приборы	шт.	199	20	
5,15,25	Трубопровод ХиГВ	п.м.	290	30	105
	Полотенцесушитель	шт.	44	70	
	Трубопровод канализации	п.м.	166	20	
6,16,26	Кровля скатная	$м^2$	573	30	99
	Фасад	$м^2$	2297,6	40	
	Водосточные трубы	п.м.	115	15	
7,17,27	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	188	20	92
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	199	20	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	791	25	
8,18,28	Полы лестничной клетки	$м^2$	230	30	88
	Полы жилых помещений	$м^2$	2800	25	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	1274,3	20	
9,19,29	Полы санузлов	$м^2$	235,7	20	112
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	374	25	
	Отопительные приборы	шт.	171	30	
10,20,30	Трубопровод ХиГВ	п.м.	230	30	115
	Полотенцесушитель	шт.	32	65	
	Трубопровод канализации	п.м.	115	55	

Таблица 8.2

Исходные данные (2 вариант)

Вариант	Заменяемый элемент	Ед. изм.	Объем работ	Срок службы Zср, лет	Остаточный срок службы здания, лет
1,11,21	Кровля скатная	$м^2$	595	45	100
	Фасад	$м^2$	3558	36	
	Водосточные трубы	п.м.	120	15	
2,12,22	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	195	35	95
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	190	15	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	695	40	
3,13,23	Полы лестничной клетки	$м^2$	223	40	120
	Полы жилых помещений	$м^2$	3500	20	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	2155	35	
4,14,24	Полы санузлов	$м^2$	286	32	110
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	405	25	
	Отопительные приборы	шт.	199	15	
5,15,25	Трубопровод ХиГВ	п.м.	290	27	105
	Полотенцесушитель	шт.	44	75	
	Трубопровод канализации	п.м.	166	25	
6,16,26	Кровля скатная	$м^2$	573	38	99
	Фасад	$м^2$	2297,6	45	
	Водосточные трубы	п.м.	115	20	
7,17,27	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	188	25	92
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	199	30	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	791	35	
8,18,28	Полы лестничной клетки	$м^2$	230	40	88
	Полы жилых помещений	$м^2$	2800	20	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	1274,3	30	
9,19,29	Полы санузлов	$м^2$	235,7	25	112
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	374	30	
	Отопительные приборы	шт.	171	35	
10,20,30	Трубопровод ХиГВ	п.м.	230	35	115
	Полотенцесушитель	шт.	32	70	
	Трубопровод канализации	п.м.	115	75	

Таблица 8.3

Исходные данные (3 вариант)

Вариант	Заменяемый элемент	Ед. изм.	Объем работ	Срок службы Zср, лет	Остаточный срок службы здания, лет
1,11,21	Кровля скатная	$м^2$	595	15	100
	Фасад	$м^2$	3558	31	
	Водосточные трубы	п.м.	120	43	
2,12,22	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	195	27	95
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	190	28	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	695	45	
3,13,23	Полы лестничной клетки	$м^2$	223	22	120
	Полы жилых помещений	$м^2$	3500	25	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	2155	56	
4,14,24	Полы санузлов	$м^2$	286	38	110
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	405	69	
	Отопительные приборы	шт.	199	45	
5,15,25	Трубопровод ХиГВ	п.м.	290	21	105
	Полотенцесушитель	шт.	44	31	
	Трубопровод канализации	п.м.	166	55	
6,16,26	Кровля скатная	$м^2$	573	47	99
	Фасад	$м^2$	2297,6	49	
	Водосточные трубы	п.м.	115	18	
7,17,27	Окна площадью до 3 $м^2$	шт.	188	22	92
	Двери площадью до 3 $м^2$	шт.	199	30	
	Стены лестничной клетки	$м^2$	791	52	
8,18,28	Полы лестничной клетки	$м^2$	230	60	88
	Полы жилых помещений	$м^2$	2800	47	
	Полы нежилых помещений	$м^2$	1274,3	51	
9,19,29	Полы санузлов	$м^2$	235,7	65	112
	Трубопровод центрального отопления	п.м.	374	39	
	Отопительные приборы	шт.	171	23	
10,20,30	Трубопровод ХиГВ	п.м.	230	17	115
	Полотенцесушитель	шт.	32	25	
	Трубопровод канализации	п.м.	115	70	