МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Техническая эксплуатация зданий и сооружений

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям для слушателей специальности переподготовки 1-27 01 71 «Экономика и организация производства в жилищно-коммунальном хозяйстве»

ВИТЕБСК
2013

УДК 621.3(07)

Техническая эксплуатация зданий и сооружений : методические указания к практическим занятиям для слушателей специальности переподготовки 1-27 01 71 «Экономика и организация производства в жилищно-коммунальном хозяйстве».

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО "ВГТУ", 2013.

Составитель: доц. Новиков Ю.В.

Методические указания содержат теоретический материал, необходимый для анализа выполняемых операций в процессе эксплуатации зданий и сооружений, систем отопления, инженерного оборудования. Предложенные для практических занятий задачи соответствуют всем разделам дисциплины. Методические указания составлены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к выполнению практических работ.

Одобрено кафедрой «Автоматизация технологических процессов и производств» УО "ВГТУ" 30.08.2013 г., протокол № 1.

Рецензент: доц. Попов Ю.В.
Редактор: доц. Кириллов А.Г.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом
УО "ВГТУ" 30 октября 2013 г., протокол № 7.

Ответственный за выпуск: Букин Ю.А.

Учреждение образования "Витебский государственный технологический университет"

Подписано к печати_____. Формат_____. Уч.-изд. лист._____.
Печать ризографическая. Тираж_____экз. Заказ №_____.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».
Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 г.
210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Эффективность повышения надежности……..4

2 Определение влажности ……..……..…….....6

3 Определение математической модели эксплуатируемого теплового объекта регулирования…….…….……9

4 Эксплуатация системы позиционного регулирования температуры…….13

5 Расчет мощности двигателя ……..……....20

6 Автоматизация и диспетчеризация управления инженерным оборудованием…….……...…….....…22

7 Управление в процессе восстановления…….……...…….……..…31

8 Определение физического износа гражданских зданий……..……....35

Литература……54

Практическая работа № 1

Эффективность повышения надежности

Цель работы: изучить расчеты вероятности отказов двух типов кровель, сумму всех расходов, число замен в течение срока службы, определить конструкции какого из типов будут наиболее выгодными.

Теоретические сведения

Время безотказной работы кровель распределяется по экспоненциальному закону

$$Q = 1 - e^{\frac{-\lambda}{y}}, \qquad (1.1)$$

где λ – коэффициент, зависящий от нормативного срока службы *T* (лет):

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i},$$

где y – коэффициент зависящий от времени необходимого на замену конструкции кровли :

$$y_i = \frac{1}{t_i},$$

t_i – время замены конструкции кровли (дней, представленных в годах).

Трудоемкость замены кровли 1 м квадратного :

1 вариант – многослойный рулонный ковер 0,086 чел.-дней,

2 вариант двухслойное покрытие из холодной битумной мастики 0,068 чел.-дней.

Стоимость работ по замене 1 м квадратного: по 1 варианту 0,083 евро, по 2 варианту 0,08 евро.

Конструкции второго типа будут выгодными, если окупят себя зам восемь лет (*к* = 0,08 , срок окупаемости *Ток* = 8 лет):

$$a - b \geq 0{,}08 \cdot R, \qquad (1.2)$$

где *a* и *b* – общая стоимость замены конструкции по 1 варианту и по 2 варианту соответственно, *R* – ежегодные расходы контор ЖКХ из-за неисправности кровель, и составляют 1,8 % от суммарных затрат (общей стоимости замены).

Расчет технико-экономической эффективности капитальных вложений должен учитывать долговечность конструкций и фактор разновременности затрат. Сумма всех расходов в этом случае может быть получена

$$C_{îáù} \cong À + Ý_{Ò} \sum_{1}^{1} \frac{1}{(1+\alpha)^t}, \qquad (1.3)$$

где A – капитальные затраты на устройство кровли из нового материала, $Э_T$ – текущие годовые расходы на содержание конструкции, α – нормативный коэффициент эффективности ($\alpha = 1 / T_o$), t – период сравнения.

Число замен конструкции в течение срока службы здания T_o до проведения мероприятий по повышению надежности конструкций:

$$n_i = \frac{T_o}{T_i} - 1.$$

1.2. Выполнить практическое задание по вариантам.

Таблица 1.1

№ варианта							
	Нормативный срок службы T_1	Нормативный срок службы T_1	Площадь кровли, м квадратных	Бригада кровельщиков, из человек	Срок окупаемости, $Tок$, лет	Срок службы здания, To, лет	Период сравнения, t, лет
1.	12	8	800	4	8	80	8
2.	10	6	600	2	6	60	6
3.	12	10	400	2	8	100	8
4.	10	8	1200	6	8	60	8
5.	12	10	800	4	8	50	8
6.	10	8	1000	4	8	60	8
7.	12	8	800	6	8	70	8
8.	8	6	800	4	6	80	6
9.	12	8	800	6	8	60	6
10.	8	6	800	4	6	90	6
11.	12	10	800	6	8	60	8
12.	8	8	800	4	8	50	8
13.	10	8	800	4	8	80	8

Практическая работа № 2

Определение влажности

Цель работы: ознакомиться с методами измерения влажности.

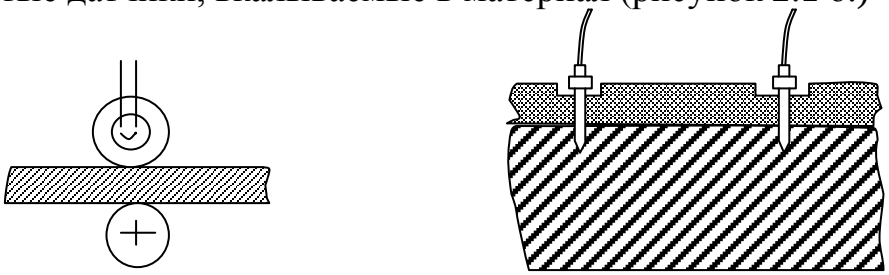
2.1. Общие положения

Электрические методы оценки влажности материалов вследствие их простоты, малых затрат времени в процессе измерений нашли широкое применение.

По принципу действия и в зависимости от измеряемого электрического параметра материала электрические влагомеры делят на две группы. В приборах первой группы оценка влажности материала производится по результатам измерения электрической проводимости или сопротивления. Приборы этой группы называются электровлагомерами сопротивления или кондуктометрическими электровлагомерами. Электровлагомер сопротивления представляет собой сочетание датчика и измерителя больших сопротивлений. От датчика требуется точное воспроизведение условий измерений в каждом опыте, для чего необходимо обеспечить надежное соприкосновение электродов датчика с материалом. В приборах второй группы оценка влажности материала производится по результатам измерения диэлектрической проницаемости. Приборы этой группы называют емкостными электровлагомерами.

Принцип действия емкостного электровлагомера основан на различии величин диэлектрической проницаемости сухого материала и влаги. При использовании такого метода измерения проводятся на переменном токе высокой частоты, в результате измерения определяется емкостное сопротивление датчика. Измерительное устройство емкостного влагомера сложнее влагомера сопротивления.

Конструктивное оформление датчика тесно увязывается со свойствами контролируемого материала. Так, для тканей нашли применение датчики в форме роликов, между которыми располагается материал (рисунок 2.1 а), для кож – игольчатые датчики, вкалываемые в материал (рисунок 2.1 б.)



а) б)

Рисунок 2.1 – Датчики
а) роликовые, б) игольчатые

Рассмотрим устройство и работу измерительной схемы влагомера сопротивления типа ЭВ- 2К.

Прибор (рисунок 2.2) состоит из стабилизированного блока питания (1) измерительного устройства (2). Стабилизированный блок питания включает

понижающий трансформатор Tr1, выпрямитель на диодах D_1 и D_2, сглаживающий конденсатор и параметрический стабилизатор напряжения, образованный резистором R_5 и стабилитронами D_3 и D_4. На выходе блока питания включен переменный резистор R_7 , служащий для регулировки напряжения питания.

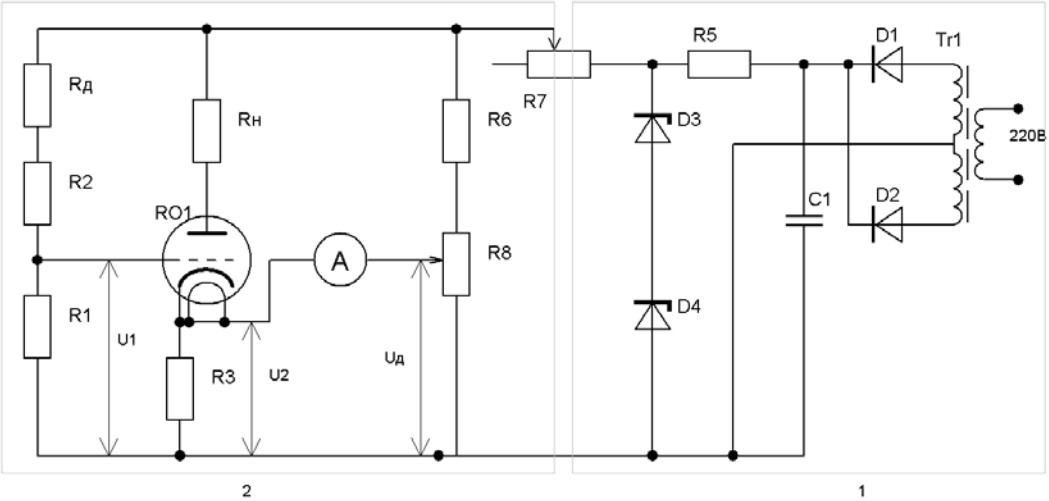


Рисунок 2.2 – Измерительная схема влагомера сопротивления типа ЭВ- 2К

Измерительное устройство содержит основной делитель напряжения на резисторах $R_Д$; R_1; R_2, усилитель постоянного тока, выполненный на лампе R01, и вспомогательный делитель напряжения на резисторах R_6; R_8. Между катодом лампы и движком переменного резистора R_8 включен измерительный прибор А. Вспомогательный делитель напряжения служит для установки стрелки измерительного прибора на НШ при настройке прибора, перемещением подвижного контакта резистора R_8.

При изменении влажности исследуемого материала, изменяется сопротивление датчика $R_Д$, т.к. датчик включен в цепь основного делителя напряжения, то изменение величины $R_Д$ приведет к изменению выходного напряжения U_1, подводимого к управляющей сетке лампе R_{01}. Изменение U_1 приводит к изменению анодного тока I_A и, соответственно, напряжения U_2 на катодном сопротивлении R_3. Неравенство напряжения U_2 и $U_Д$ приводит к появлению разности напряжений $\Delta U = U_2 - U_Д$ на зажимах А. Через измерительный прибор при этом течет ток $I_{ил} = \Delta U/R_{ип}$, что вызывает отклонение стрелки на величину$\alpha = к\ I_{ип}$. Поскольку изменение тока $I_{ип}$ пропорционально сопротивлению датчика, то шкалу прибора можно отградуировать в единицах влажности исследуемого материала, т. е. каждому значению тока поставить в соответствие определенное значение влажности.

2.2 Порядок выполнения работы

1. Включить электровлагомер в электрическую сеть и подготовить его к работе. Перед измерениями выверить края шкалы прибора рукояткой ”Установка НШ”, при свободном датчике установить стрелку прибора на отметку

“Н” (только на первом диапазоне 0+22). Рукояткой “Установка КШ” при нажатой кнопке установить стрелку прибора на отметку “КШ”.

Произвести замеры влажности в нескольких точках помещения: наружных стен, перегородок, двери, пола.

Влажность определяется выражением:

$$W= (m-m_0)/ m_0 ,$$

где m – масса влажного материла, m_0 – масса сухого материала.

Данные занести в протокол (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Протокол градуировки

Электровлагомер, тип _____ при температуре окружающей среды _____

№ образца	Строит элемент	Вид	Схема	Показания электровлагомера						
										среднее
1	Наружные стены	Вид Спереди								
	Внутр. стены	Вид спереди								
	Перегородки	Вид спереди								
	Дверь	Вид спереди								
	Пол	Вид сверху								

Содержание отчета

Цель работы. Протокол градуировки. Выводы по результатам исследований

2.3 Контрольные вопросы

1. Методы измерения влажности.
2. Кондуктометрический метод измерения влажности.
3. Емкостные электровлагомеры и принцип их действия.
4. Пояснить схему и принцип действия электровлагомера ЭВ-2К.

Практическая работа № 3

Определение математической модели эксплуатируемого теплового объекта регулирования

Цель работы: научиться снимать динамические характеристики объектов, определять тип модели (вид уравнения), коэффициенты модели и передаточную функцию.

3.1 Общие положения

При математическом описании (идентификации) любого объекта управления его поведение можно рассматривать в условиях статики (установившиеся режимы работы) и динамики (переходные режимы). Для условий статики все возмущающие воздействия “*f*” и все управляющие “*u*” считаются постоянными величинами, не зависящими от времени. *Статические режимы* описываются алгебраическими уравнениями, связывающими регулируемые (выходные) параметры “*y*” с входными воздействиями “*f*” и “*u*”.

$$y = \varphi(f, u),$$

где φ – некоторая векторная функция не зависящих от времени “*f*” и “*u*”.

Графическое представление зависимости $y = \varphi(f, u)$ называют статическими характеристиками управления $y = \varphi(u)$ и возмущения $y = \varphi(f)$.

Динамические режимы описываются обычно дифференциальными или интегрально-дифференциальными уравнениями, определяющими зависимость *y(t)* от изменения воздействий *f(t)* и *u(t)*.

$$y = \varphi(u, f, t).$$

Различают объекты с *самовыравниванием* (**устойчивые**), без *самовыравнивания* (**нейтральные**) и **неустойчивые**. Объект устойчив, если после кратковременного внешнего воздействия он с течением времени стремится к исходному состоянию. Нейтральными называются такие объекты, которые по окончании воздействия стремятся к новому состоянию равновесия, зависящему от величины воздействия. Если управляемая координата *Y(t)* после прекращения воздействия продолжает изменяться, то объект называют неустойчивым.

Для составления математической модели объекта используют аналитические и экспериментальные методы.

При аналитическом методе составляются уравнения динамики объекта на основе физических законов, определяющих процессы, происходящие в объекте. Математические выражения соответствующих физических законов, характеризующих поведение объекта, и являются дифференциальными уравнениями, описывающими динамику объекта управления. Приходится прибегать в большинстве случаев к идеализации сложных реальных процессов и считать, что объекты обладают однонаправленными свойствами. Поэтому аналитические методы позволяют лишь приближенно оценить динамические свойства реального объекта.

Экспериментальных методов идентификации много, рассмотрим простейшие из них. Для экспериментального определения модели объекта можно использовать временные или частотные динамические характеристики.

Временные динамические характеристики представляют собой графики изменения во времени регулируемого (выходного) параметра объекта в зависимости от вида входного воздействия (испытательного воздействия). При подаче в качестве испытательного воздействия дельта-функции $\delta(t)$ (единичного импульса) получаем импульсную переходную характеристику; уравнение, описывающее эту кривую, называют функцией веса $\omega(t)$. При подаче на вход объекта единичного ступенчатого воздействия $I(t)$ (единичного скачка), получаем переходную характеристику, ее уравнение – переходная функция $h(t)$. Или иначе: реакция объекта на единичный импульс называется функцией веса $\omega(t)$, а на единичный скачок – переходной функцией $h(t)$. Достоинство временных характеристик – простота постановки эксперимента.

Идентификация объекта по частотным характеристикам предпочтительнее, т. к. позволяет найти модель и нелинейного объекта, однако требуется более сложный эксперимент. Частотные характеристики показывают изменение модуля и фазы комплексного коэффициента передачи объекта при изменении частоты $0<\omega<\infty$.

Математическую модель объекта по экспериментально снятым динамическим характеристикам определяют достаточно просто:

- по виду графика динамической характеристики, сравнивая его с графиком соответствующей динамической характеристики типовых звеньев, определяют уравнение динамической характеристики, тип дифференциального уравнения динамики объекта;
- по динамической характеристике определяют коэффициенты дифференциального уравнения и передаточную функцию объекта.

Затем определяют адекватность модели. Математическая модель считается адекватной, если значение параметра на выходе объекта совпадает со значениями, рассчитанными по модели.

Постановка эксперимента по снятию временных динамических характерстик.

Если экспериментальные исследования проводятся на действующем промышленном объекте, то целесообразно снять импульсную переходную характеристику, т. к. это не вызовет существенного изменения технологических переменных. В остальных случаях можно снимать переходную характеристику. Для записи изменения выходного параметра во времени необходим записывающий вторичный прибор, к которому подключается датчик (первичный преобразователь).

Если снимается временная динамическая характеристика теплового объекта, то выходным параметром является температура. Возмущающее воздействие для теплового объекта с электрообогревом можно создать изменением напряжения, подаваемого на нагревательный элемент.

Для снятия импульсной переходной характеристики необходимо резко увеличить напряжение на некоторую величину и через некоторое время (выбирается в зависимости от свойств объекта) снова снизить его до первоначального

уровня. Реакция на импульс для инерционного объекта будет иметь следующий вид (рисунок 3.1):

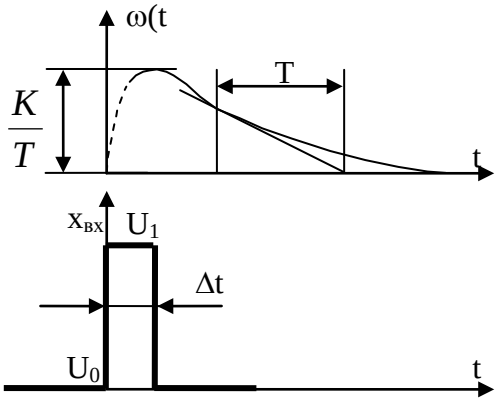


Рисунок 3.1 – График импульсной переходной характеристики

где *К* – коэффициент передачи; *Т* – постоянная времени, показывает, за какое время закончился бы переходный процесс, если бы он шел с постоянной скоростью. Переходный процесс заканчивается за время, равное $t = (3 \div 4)T$.

Для снятия переходной характеристики теплового объекта необходимо резко изменить (увеличить) напряжение, подаваемое на нагревательный элемент, т. е. изменять входной сигнал в виде ступеньки.Реакция на единичное ступенчатое воздействие и есть переходная характеристика для инерционного объекта. (рисунок 3.2).

Коэффициент передачи *К* определяется следующим образом:

$$K = \frac{\theta_{уст.}\left[{}^0C\right]}{U\left[B\right]} = \frac{\theta(\infty)\left[{}^0C\right]}{U\ \ [B]}.$$

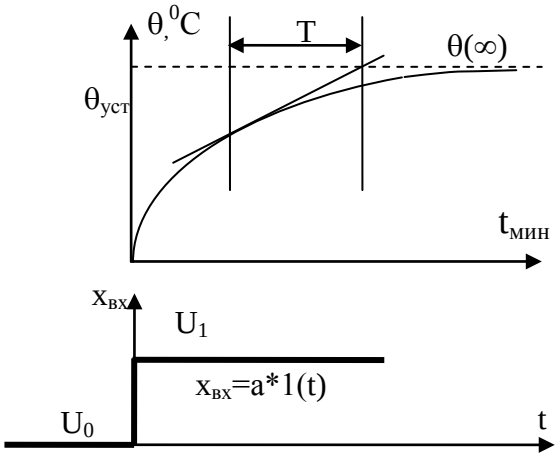


Рисунок 3.2 – График переходной характеристики для инерционного объекта

Постоянная времени Т может быть определена:

а) по реакции подкасательной на линию установившихся значений (касательная может проводиться в любой точке) – если кривая – экспонента (рисунок 3.2);

б) по проекции подсекущей на линию установившегося значения (рисунок 3.3).

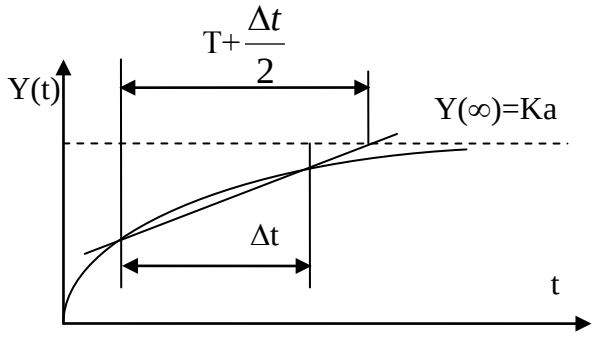


Рисунок 3.3 – Получение Т - методом подсекущей

Если *Y(t)* не имеет точек перегиба и представляет собой экспоненту, то исследуемый объект управления является инерционным первого порядка, и уравнение имеет вид: $Y(t) = h(t) = Kx_{вх.} * \left[1 - e^{-\frac{t}{T}}\right]$.

При $t = T$:

$$h(t) = Kx_{вх.} * \left[1 - e^{-\frac{t}{T}}\right] = Kx_{вх.} * (1 - e^{1}) = Kx_{вх.} * (1 - 0.368) =$$

$$= Kx_{вх.} * 0.632 , \qquad Kx_{вх.} = x_{уст.}$$

Согласно уравнению переходной характеристики, за время, равное *T*, переходный процесс заканчивается на 0,63 своего установившегося значения (рисунок 3.4).

После завершения переходного процесса на выходе объекта управления установившееся значение: $Kx_{вх.} = h(\infty) = Y(\infty)$.

Следовательно, если нет запаздывания, то постоянную времени можно определить и таким образом: $Y(\infty) = Kx_{вх.}$

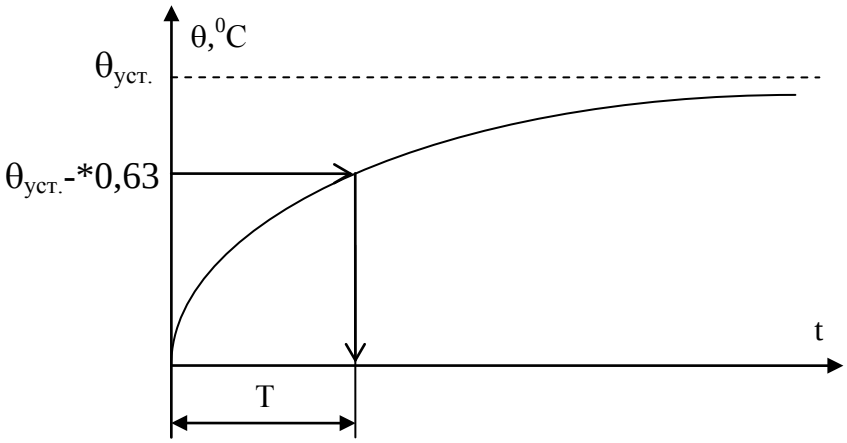


Рисунок 3.4

3.2 Порядок выполнения работы

1. По переходной характеристике, для случая, когда на объект подавалось напряжение 36В (подключить нагревательный элемент к сети), определить математическую модель объекта регулирования, сравнивая полученную переходную характеристику с характеристиками типовых звеньев.
2. Определить коэффициенты модели Т и К и передаточную функцию W(p).

Содержание отчета

Цель работы. График переходной характеристики. Математическая модель и коэффициенты. Выводы по результатам исследований.

3.3 Контрольные вопросы

1. Что такое математическая модель?
2. Что такое **Т**, как определяется и что означает?
3. Что такое **К**, как определяется и что означает?

Практическая работа № 4

Эксплуатация системы позиционного регулирования температуры

Цель работы: ознакомление с конструкцией промышленных позиционных регуляторов, изучение принципа действия регулятора. Оценка качества системы.

4.1 Общие положения

Позиционные регуляторы приборного типа являются самыми простыми и широко распространенными. К числу важнейших преимуществ позиционных регуляторов относится возможность получения высокого качества регулирования при применении достаточно простых и надежных технических средств. Они широко применяются при автоматизации тепловых объектов с электрообогревом; насосных и компрессорных установок, в которых требуется ограничение изменения уровня перекачиваемой в резервуар жидкости; стабилизации давления в паропроводах, трубопроводах – подачи сжатого газа; при регулиро-

вании частоты вращения двигателей постоянного тока и напряжения генераторов.

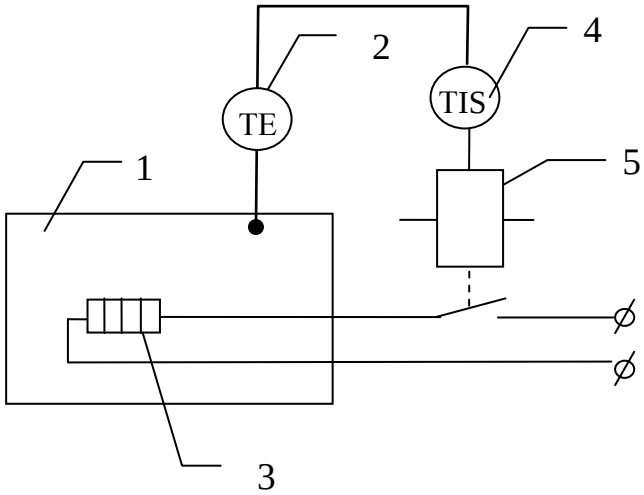


Рисунок 4.1 – Функциональная схема двухпозиционного регулирования

Позиционное регулирование легко организуется на основе переключающих устройств, устанавливаемых на показывающих стрелочных приборах, в автоматических измерительных компенсаторах. Особенности этих систем, как простота технического решения, задачи управления подачей электрической энергии путем включения и выключения источника питания (рисунок 4.2), особенно в случае объектов, имеющих небольшие габаритные размеры (нагревательные плиты, валы прессового оборудования, электрические калориферы, двигатели с вентиляторами для систем кондиционирования), удобство сочетания позиционного (релейного) элемента с двигателями постоянной скорости в исполнительном устройстве управления расходом жидкости (газа) с помощью клапана, заслонки и других элементов запорной арматуры технологического оборудования и определяют широкое применение этих систем (рисунок 4.3).

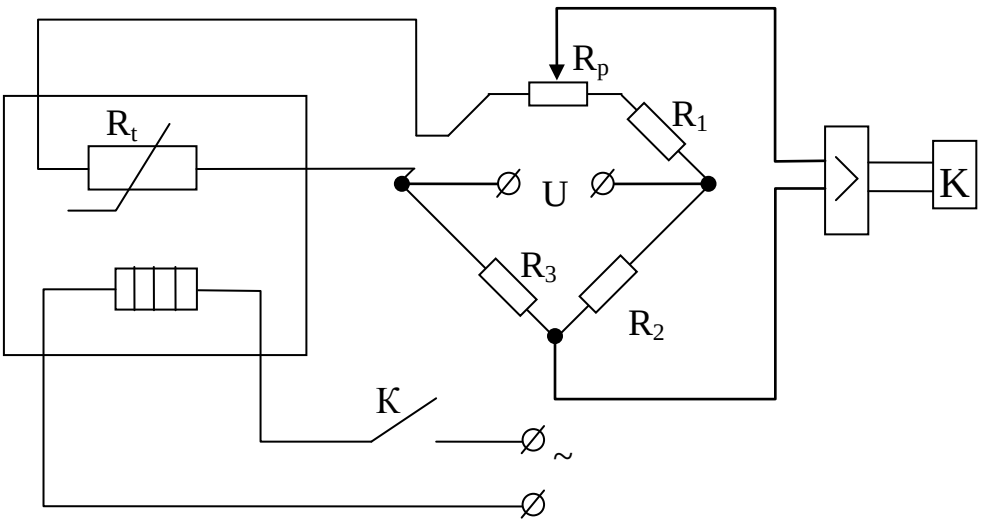


Рисунок 4.2 – Схема управления АСР путем включения и выключения источника питания

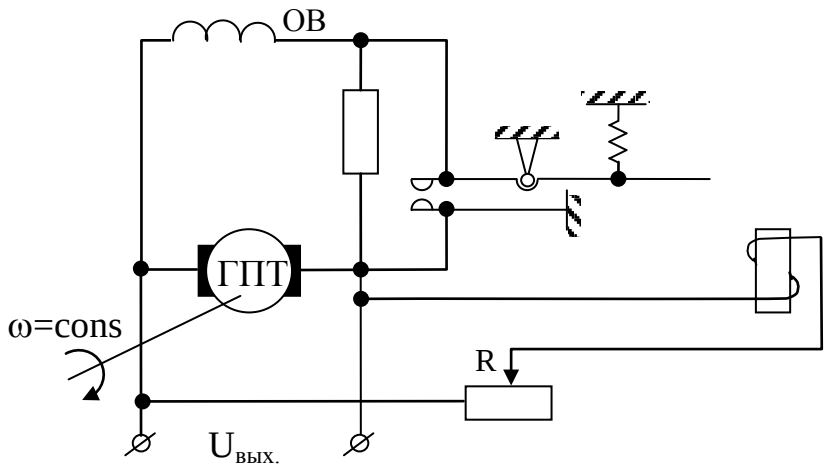


Рисунок 4.3 – Схема управления АСР с использованием сочетания позиционного элемента с ДПТ

На рисунках 4.1 и 4.2 показаны функциональная и принципиальная схемы двухпозиционного регулирования температуры в объекте с электронагревателем. На рисунке 4.3 принципиальная схема двухпозиционного регулирования напряжения генератора постоянного тока.

В двухпозиционных АСР регулирующий орган может последовательно занимать два положения (позиции), чему соответствует минимальное или максимальное регулирующее воздействие на объект регулирования. Если в качестве выходного элемента двухпозиционного регулятора используется электромагнитное реле, то это реле, в зависимости от текущего значения регулируемой величины будет находиться в процессе регулирования только в 2-х состояниях – включенном и выключенном. В результате возникает характерный для рассматриваемого класса АСР периодический процесс изменения регулируемой величины относительно заданного значения – автоколебания.

На рисунке 4.4 приведена структурная схема двухпозиционной АСР и установившиеся автоколебания регулируемой величины.

На этом рисунке Х3 – заданное значение регулируемой величины (сигнал, поступающий в регулятор от задатчика); Х – истинное значение регулируемой величины (сигнал, поступающий в регулятор с датчика), Δ=Х3-Х – сигнал рассогласования, ДР – двухпозиционный регулятор, Z – команда управления (регулирующее воздействие); $\frac{1}{Tp+1}$ – передаточная функция объекта, $e^{-p\tau}$ – передаточная функция датчика. При таком объекте автоколебаний может не быть, если $\tau \to 0$.

Пример статических характеристик двухпозиционного регулятора приведен на рисунок 4.5.

На рисунок 4.5 а показана статическая характеристика без зоны неоднозначности (идеальная статическая характеристика), на рисунок 4.5 б – с зоной неоднозначности (реальная статическая характеристика).

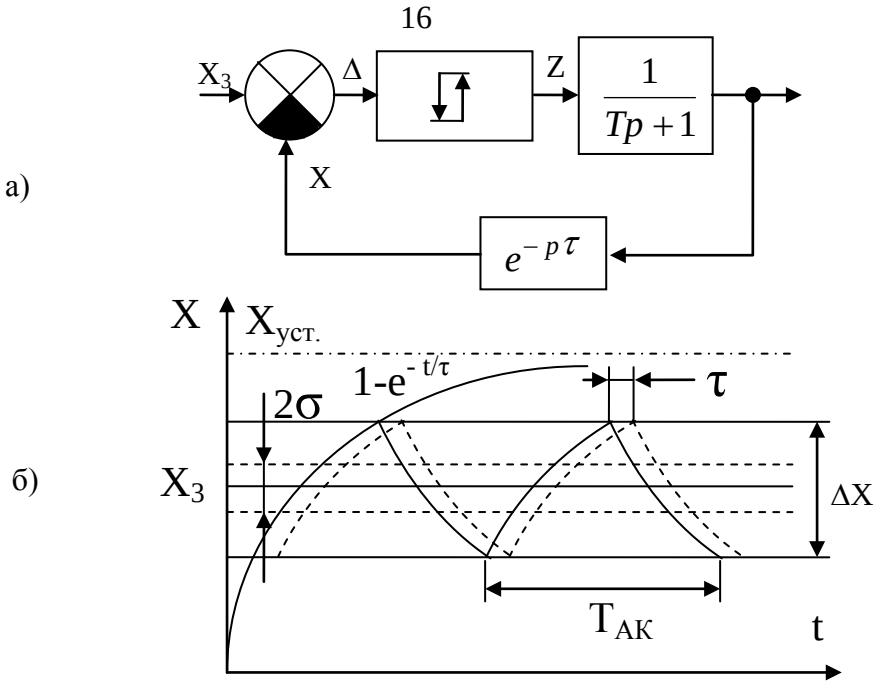


Рисунок 4.4 – Двухпозиционная АСР
а) структурная схема, б) график переходного процесса

Для приближенного анализа автоколебаний в системе двухпозиционного регулирования с регулятором, имеющим зону неоднозначности 2Σ, и объектом с запаздыванием, у которого $W(p) = \dfrac{e^{-p\tau}}{Tp+1}$.

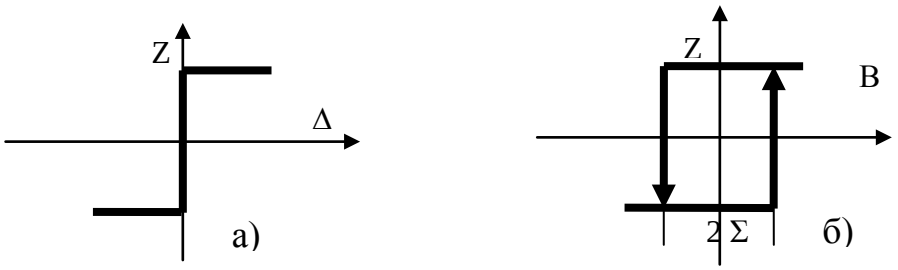


Рисунок 4.5 – Статические характеристики двухпозиционного регулятора
а) без зоны неоднозначности, б) с зоной неоднозначности

С.М.Смирновым получены формулы, позволяющие рассчитать размах автоколебаний и их период. Относительный (безразмерный) размах автоколебаний

$$2\sigma^* = 2\sigma + \frac{\tau}{T + 0.5\tau}(1 - 2\sigma),$$

где 2σ – относительная (безразмерная) зона неоднозначности регулятора;
T - постоянная времени объекта регулирования;
τ - время запаздывания.

Относительная зона неоднозначности $2\sigma = \dfrac{2\Sigma}{A}$,

где 2Σ – зона неоднозначности регулятора; A = Xmax-Xmin - зона регулирования, оцениваемая по разности установившихся значений регулируемой

величины при максимальном и минимальном значениях регулирующего воздействия U_{max} и U_{min}.

Размах автоколебаний регулируемой величины

$$\Delta x = 2\sigma * A.$$

Период автоколебаний регулируемой величины

$$T_A = 2\sigma * T\xi,$$

где $\xi = \dfrac{1}{X_3 * (1 - X_3^{\,n})}$ – коэффициент, характеризующий расположение автоколебаний в зоне регулирования;

$X_3^{\,*} = \dfrac{X_3 - X_{\min}}{A}$ – относительное (безразмерное) задаваемое значение регулируемой величины.

При правильной настройке двухпозиционной АСР установившиеся автоколебания происходят в средней части зоны регулирования. Величина периода автоколебаний в значительной мере сказывается на сроке службы элементов двухпозиционной АСР. При настройке системы на период автоколебаний можно воздействовать только изменением относительной (безразмерной) зоны неоднозначности, точнее А – зоной регулирования.

$$2\sigma = \frac{2\Sigma}{A}.$$

Весьма важным фактором, обусловливающим качество двухпозиционного регулирования, является время запаздывания τ. При наличии запаздывания размах автоколебаний будет тем больше, чем больше τ и отношение $\dfrac{\tau}{T}$, поэтому двухпозиционное регулирование рекомендуется применять лишь для регулирования объектов с большими постоянными времени T и малым временем τ, при этом соотношение $\dfrac{\tau}{T}$ должно быть не более 0,2.

4.2 Порядок выполнения работы

Требуемое значение температуры задается задатчиком (бесконтактный датчик положения стрелки измерительной части прибора).

Электрическая схема регулятора приведена на рисунке 4.6. Регулятор состоит из двух частей – измерительной и регулирующей.

Измерительная часть состоит из рамки, помещенной в поле постоянного магнита. Ток, протекающий через рамку, под действием электро-движущей силы термопары, создает магнитное поле. Взаимодействие этого поля с полем постоянного магнита вызовет поворот рамки на угол, пропорциональный величине ЭДС.

Регулирующая часть представляет собой бесконтактный датчик положения индуктивного типа. Он состоит из высокочастотного автогенератора, собранного на транзисторе VT1 и катушек индуктивности L1 и L2, и усилителя на трех транзисторах VT2 – VT4. На вход усилителя (транзистор VT2) сигнал подается с катушки индуктивности L3. В коллекторную цепь выходного транзи-

стора VT4 включена обмотка управляющего реле Р1, контакты которого используются для управления объектом.

Принцип действия регулирующей части основан на срыве и восстановлении генерации при вводе и выводе экрана, жестко укрепленного на измерительной стрелке прибора, в зазор между катушками автогенератора L1 и L2. Для обеспечения заданной температуры в объекте, указатель регулирующего устройства устанавливается на соответствующую отметку. При температуре в объекте ниже заданной указателем, (стрелка с экраном вне катушек) автогенератор генерирует высокочастотные колебания, транзистор VT4 открыт. Ток проходит через обмотку управляющего реле, контакт которого подключает электронагреватель к сети. При температуре, равной заданной (стрелка с экраном в зазоре между катушками), генерация срывается, транзистор VT4 закрывается, реле обесточивается, контакт размыкается, электронагреватель обесточивается. При понижении температуры процесс повторяется.

Контроль и регистрация изменения температуры в объекте производится с помощью электронного автоматического самопишущего потенциометра типа КСП, работающего в комплекте с термопарой ХК, помещенной в объект рядом с датчиком регулятора МР-64-02.

1. Подготовить к работе электронный автоматический потенциометр, после его прогрева подать на электронагреватель напряжение U=30 В для снятия кривой разгона.
2. После достижения установившегося состояния включить регулятор МР-64-02 и установить с помощью задатчика $X_З$=150 ^{0}С.
3. Записать 4-6 периодов установившихся автоколебаний и определить 2Σ, которые определяются по включению и выключению сигнальной лампочки.

Таблица 4.1

Температура		2Σ, ^{0}С
вкл.	откл.	

4. По полученному графику определить Т,τ, X_{max}, X_{min}, среднее значение размаха автоколебаний $\Delta X_э$ и периода автоколебаний $T_{а.э}$.
5. Аналитически рассчитать значения $\Delta X_р$ и $T_{а.р}$, сравнить их с экспериментальными. Данные занести в протокол испытаний.

Протокол испытания.

Двухпозиционной АСР температуры объекта с электрообогревом.

Регулятор типа МР-64-02 с зоной неоднозначности 2Σ, ^{0}С.

Постоянная времени объекта Т, мин, запаздывания τ = 0,025 мин.

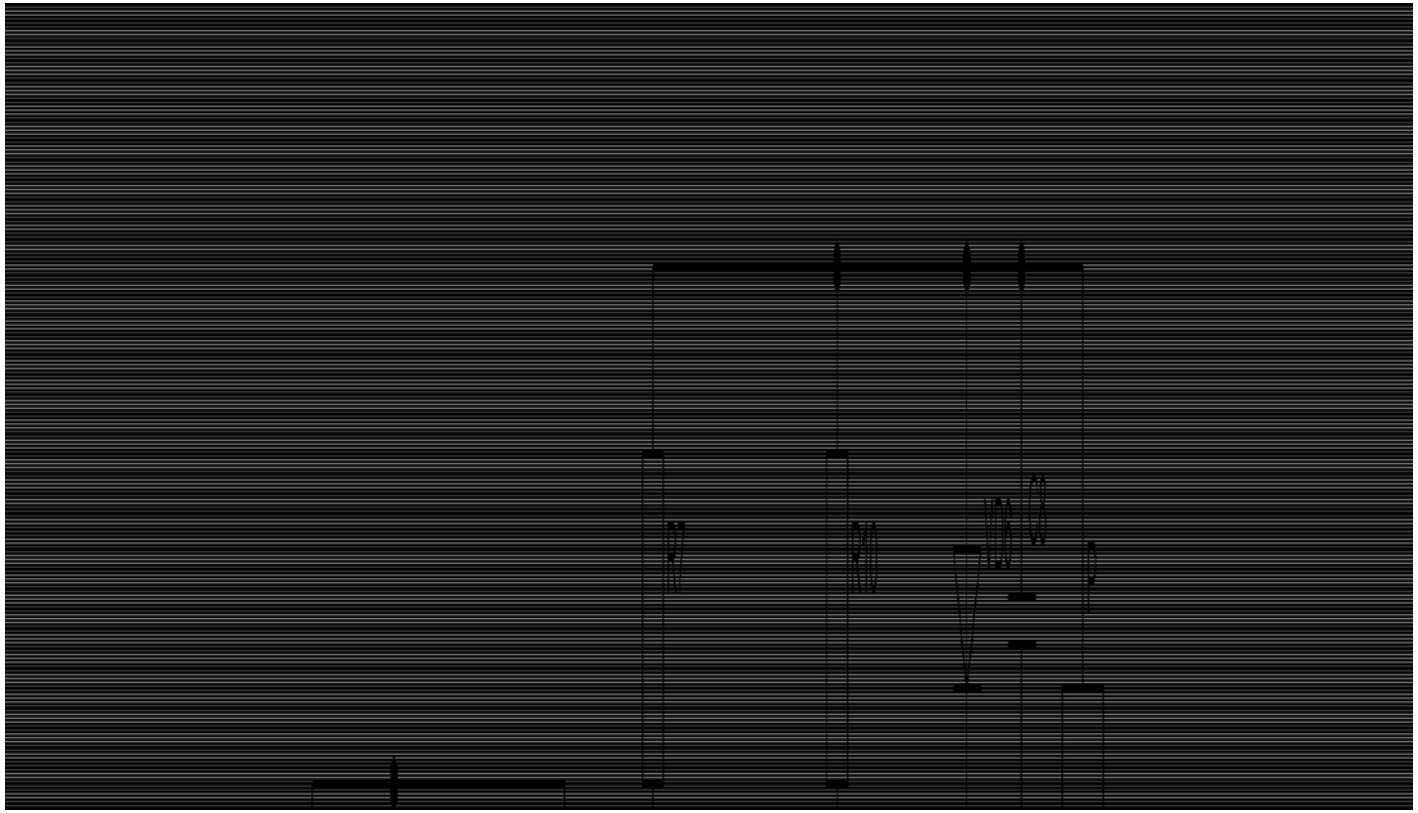


Рисунок 4.6 – Электрическая схема двухпозиционного регулятора МР-64-02

Таблица 4.2

Δ	2σ	2σ*	$\Delta X_р$	$T_{а.р.}$, мин	$\Delta X_э$	$T_{а.э.}$, мин

Содержание отчета

Цель работы. Расчет параметров колебаний температуры. Структурная схема СР. График автоколебаний. Протокол испытаний. Выводы.

4.3 Контрольные вопросы

1. Что такое двухпозиционное регулирование?
2. Пояснить процесс регулирования температуры.
3. Дать качественную оценку процесса регулирования температуры.

Практическая работа № 5

Расчет мощности двигателя

Цель работы: изучить вероятности отказов электрических двигателей от выбора мощности и перегрева.

5.1 Теоретические сведения

Нагревание и охлаждение двигателя

Условие максимальной производительности, надежности и экономичности электропривода может быть выполнено только в случае правильного расчета мощности электродвигателя.

Двигатель заниженной мощности не обеспечивает заданной производительности, чрезмерно перегревается, быстро изнашивается и является причиной возникновения аварий и простоев. Двигатель завышенной мощности работает с низким к. п. д., стоимость электрооборудования и эксплуатационных расходов при этом возрастает.

Расчет необходимой мощности двигателя производят на основании ряда технико-экономических требований, но одним из основных условий правильного выбора электродвигателя является его нагрев.

Наиболее уязвимой с точки зрения нагрева является изоляция обмоток двигателя.

Если температура окружающей среды принята ГОСТом равной 40 °С , то превышение температуры изоляции обмоток над температурой окружающей среды допускается в пределах от 65 °С (для изоляции класса А) до 115 °С (для изоляции класса F), а для некоторых нагревостойких материалов на основе слюды, стекла и керамики — до 140 °С.

Превышение температуры изоляции обмоток сверхустановленной ГОСТом недопустимо, так как это ведет к разрушению изоляции и сокращению срока службы двигателей.

При рассмотрении тепловых процессов в двигателе для упрощения задачи полагают, что двигатель является однородным сплошным телом, а теплоемкость и теплоотдача пропорциональны разности температур двигателя и окружающей среды.

В соответствии с этим изменение температуры перегрева τ в зависимости от начальной $\tau_{нач}$ и конечной $\tau_{уст}$ температур выражается уравнением

$$\tau = \tau_{óñò}(1 - å^{-\frac{t}{T}}) + \tau_{íà÷} å^{-\frac{t}{T}}. \qquad (5.1)$$

Если начальное превышение температуры $\tau_{нач} = 0$ при $t = 0$, то уравнение (5.1) приводится к виду

$$\tau = \tau_{óñò}(1 - å^{-\frac{t}{T}}) . \qquad (5.2)$$

На рисунке 5.1 изображены кривые нагревания двигателя при различных мощностях нагрузки.

Нагрузке $P_1 = P_H$ соответствует кривая 1, нагрузке P_2 — кривая *2* и т. д. Из рисунка видно, что двигатель может длительно работать без перегрева в том случае, когда развиваемая им мощность не превышает номинальной. Если эта мощность выше номинальной, то время работы двигателя должно быть уменьшено с таким расчетом, чтобы его температура не превышала $\tau_{доп}$ (t_2, t_3 на рисунке 5.1).

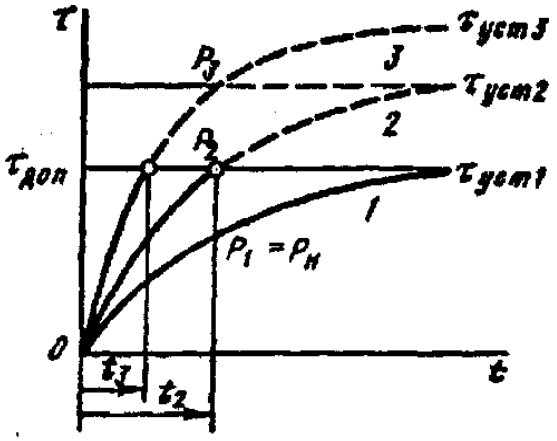


Рисунок 5.1 – Кривые нагревания двигателя

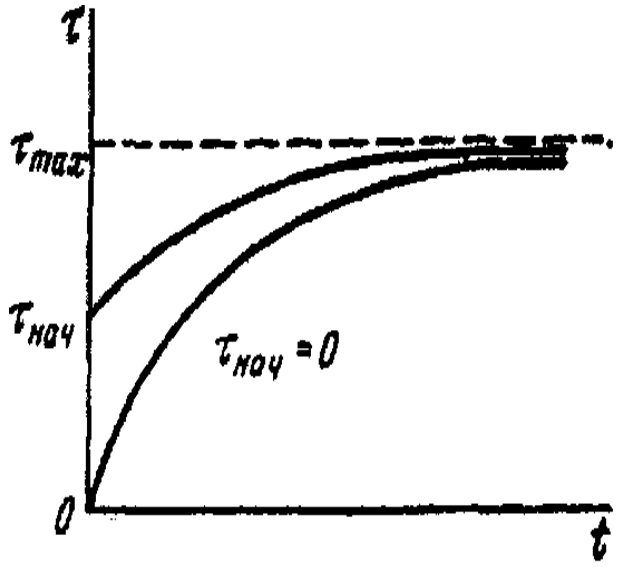


Рисунок 5.2 – Изменение температуры

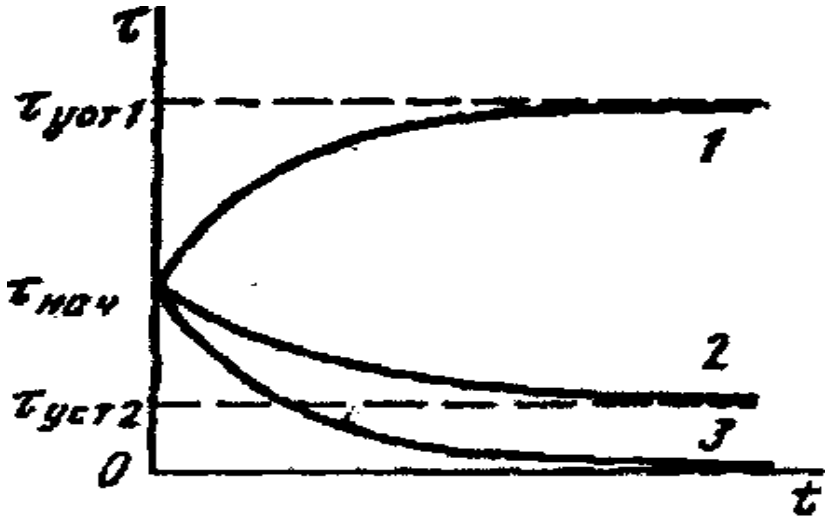


Рисунок 5.3 – Кривые изменения температуры двигателя при нагревании и охлаждении

Начальная температура перегрева $\tau_{НАЧ}$ изменяет лишь скорость увеличения температуры двигателя, не изменяя характера процесса (рисунок 5.2).

В этом случае уравнение температуры перегрева имеет вид

$$\tau = \tau_{óñò} + (\tau_{íà÷} - \tau_{óñò})å^{-\frac{t}{T}}.$$

Разность $\tau_{нач}$ — $\tau_{уст}$ может быть положительной или отрицательной и температура двигателя будет соответственно расти или убывать (рисунок 5.3). Первому случаю соответствует кривая *1* на рисунок 5.3, второму случаю — кривые *2* и *3*. Постоянная времени охлаждения T_0 неподвижного вала двигателя больше постоянной времени нагревания (охлаждения) T вращающегося вала двигателя. Постоянная времени двигателя пропорциональна его объему. У вентилируемых машин постоянная времени меньше по сравнению с невентилируемыми машинами тех же габаритов.

Практическая работа № 6

Автоматизация и диспетчеризация управления инженерным оборудованием

Цель работы: изучить определение потребности в запасных частях для санитарно технических устройств на одну смену.

6.1 Теоретические сведения

Основным элементом технической эксплуатации жилых зданий, обеспечивающим наибольшую безотказность их конструкций и инженерного оборудования, является система планово-предупредительных ремонтов (ППР). Сроки проведения каждого из видов ремонта в этой системе должны соответствовать времени начала роста интенсивности отказов банной конструкции, прибора, оборудования. Но даже при таком соответствии всегда имеется, хотя и малая, вероятность отказа элемента здания, т. е. система ППР не полностью исключает отказы конструкций и оборудования зданий. При этом вероятность отказа зависит не только от факторов нормального старения конструкций, но может быть вызвано и случайными обстоятельствами (например, недопустимым повышением давления в системах отопления, холодного и горячего водоснабжения и др.).

Ремонтный цикл — продолжительность работы оборудования между двумя очередными капитальными ремонтами или с момента пуска в эксплуатацию нового, до первого капитального ремонта.

Межремонтный период — промежуток времени между двумя очередными ремонтами любого вида.

Структура ремонтного цикла — порядок чередования видов ремонта на протяжении ремонтного цикла.

Длительность ремонтного цикла — промежуток времени между двумя капитальными ремонтами.

Продолжительность простоя в ремонте — время, необходимое дли выполнения ремонтных работ, начиная от момента остановки на ремонт до момента его пуска в эксплуатацию.

На малый (текущий), средний и капитальный ремонт разрабатывают технические условия, в которых излагают технические требования к строительной части, материалам, обработке (разборке) и сборке деталей, узлов. Излагаются методы испытаний узлов. На основе технических условий разрабатывают прейскурант цен, технологические карты на ремонт узлов и деталей, агрегатов.

Для своевременного устранения отказов оборудования, при выполнении аварийных непредвиденных работ и заявок населения, а также для оперативного управления процессом технической эксплуатации жилых зданий в жилищном хозяйстве функционирует сеть аварийных и диспетчерских служб.

Диспетчерские системы представляют собой системы массового обслуживания (СМО). Теория массового обслуживания как одно из направлений теории вероятности начала развиваться в начале двадцатого века применительно к проблемам обслуживания абонентов телефонных станций.

Ценность теории массового обслуживания заключается в ее практическом использовании (порты, столовые самообслуживания, аэродромы, дорожное движение, диспетчерские системы и т. д.).

Теория массового обслуживания изучает процессы, в которых, с одной стороны, рассматриваются запросы на выполнение каких-либо требований на обслуживание, изучаются возможности по их удовлетворению.

Основу системы составляет входящий и выходящий потоки вызовов заявок.

Схема функционирования обслуживающей диспетчерской системы (ОДС) (рисунок 6.1) представляет собой сложную систему массового обслуживания, состоящую из нескольких составных частей. Рассмотрим процесс поступления, приема и обработки информации в ОДС. Первый поток вызовов *Я* поступает по каналам связи на диспетчерский пульт.

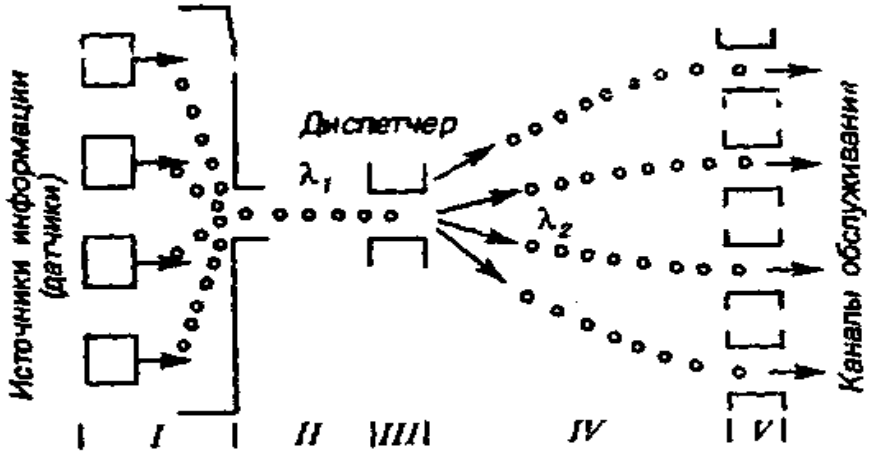


Рисунок 6.1 – Схема ОДС как системы массового обслуживания: / — входящий поток вызовов; // — очередь; /// — канал обслуживания (диспетчер); *IV* — очередь; *V* — каналы обслуживания (рабочий персонал ОДС)

Поток включает сообщения от датчиков, установленных на инженерном оборудовании; переговорных устройств, находящихся в подъездах жилых домов и лифтах; по городскому телефону. Поток вызовов λ_1 можно разделить на две части: одна носит информационный характер, а другая содержит информацию о возникших аварийных состояниях и неисправностях на контролируемом инженерном оборудовании. Первичный поток вызовов классифицирует диспетчер в течение рабочей смены. Поток вызовов λ_2 содержит информацию о неисправностях оборудования, для ремонта которого привлекают дежурный персонал различных специальностей (сантехников, электриков, электромехаников по лифтам и т. д.), а также используют для выполнения ремонтных работ необходимое оборудование, запасные части, инструменты. Следовательно, $\lambda 1 > \lambda 2$, т. е. поток вызовов больше потока заявок на обслуживание.

Обеспечение четкого функционирования ОДС зависит от ряда условий:

- величина информационного потока λ_1 не должна превышать допустимой нагрузки на одного диспетчера ОДС,
- возможности диспетчерского персонала по восприятию поступающего на пульт потока вызовов: если принять образование очереди при поступлении потока вызовов не допускается, то λ_1 в основном зависит от площади территории

микрорайона *S* обслуживаемой ОДС и численности контролируемого инженерного оборудования.

В ОДС должно быть столько дежурного персонала различных специальностей, сколько необходимо для выполнения работ в нормативные сроки при минимальной очереди на обслуживание. Поток вызовов в ОДС λ_1 является случайной величиной, при котором вызовы в обслуживающую систему, т. е. к диспетчеру, поступают один за другим в произвольные моменты времени

В этом потоке

$$\Delta t_1 \neq \Delta t_2 \neq \Delta t_3 \neq \Delta t_i .$$

Для большинства реальных систем поток вызовов и требований на обслуживание достаточно точно описывается распределением Пуассона. Согласно этому закону вероятность поступления вызовов за промежуток времени *t* определяют по формуле

$$P_k(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{f!} å^{-\lambda t},$$

где λ — среднее число вызовов, поступающих в единицу времени; *k* – число вызовов, поступающих в интервале времени *T, e* — основание натуральных логарифмов.

Пример. В ОДС поступает поток заявок с плотностью три заявки в 1 мин (λ = 3). Требуется определить вероятность появления в системе вызовов в течение 1 мин (t = 1)

$$P_k(t) = \frac{(3 \cdot 1)^k}{f!} å^{-3 \cdot 1} = \frac{3^k}{f!} e^{-3}.$$

Результаты расчетов:

Таблица 6.1

Возможное число вызовов (заявок) в 1 мин (*k*)	Вероятность появления соответствующего числа вызовов в 1 мин [*Pk(t)*]
0	0,0498
1	0,1494
2	0,2241
3	0,2241
4	0,1680
5	0,1080
6	0,0504
7	0,0217
8	0,0081
9	0,0005

По таблице можно сделать вывод, что наибольшая вероятность поступления в течение 1 минуты 2-3 заявок (требований).

С вероятностью 15 % может поступать одна заявка. Вероятность поступления более пяти заявок очень мала.

Важной характеристикой ОДС как системы массового обслуживания является время обслуживания *T*.

Анализ показывает, что распределение времени обслуживания чаще всего подчиняется показательному закону

$$F(T) = 1 - e^{-\mu T},$$

где $F(T)$ – вероятность того, что обслуживвание может длится не более T единиц времени; μ – интенсивность обслуживания, которая является величиной, обратной среднему времени обслуживания

$$\mu = 1/t_{обс}.$$

Она зависит от организации работы, вида требования и определяется экспериментально.

Анализ данных, по материалам журналов диспетчерского персонала действующих объединенных диспетчерских систем (ОДС), показал, что основной поток заявок поступает по работам, связанных с неисправностью санитарно-технических устройств и лифтов. Интенсивность поступления вызовов λ, поступающих в ОДС в течение суток, показана на рисунке 6.2.

Анализ графических зависимостей $\lambda_1 = f(t)$ показывает, что интенсивность поступления вызовов (заявок) к диспетчеру можно условно разбить на четыре периода: первый – с 6 до 12-13 часов; второй – с 12 -13 до 15-16 часов; третий – с 15-16 до 23 часов и четвертый с 23 до 6 часов утра.

В течение первого периода число поступивших к диспетчеру вызовов возрастает, что связано с началом пользования коммунальными услугами и проверкой технических средств связи с персоналом ОДС. Во второй период интенсивность поступления сигналов резко падает. В вечернее время (третий период) поступление заявок возрастает. Во время четвертого периода вызовы к диспетчеру носят эпизодический характер, однако требуют особого внимания, так как в основном могут быть связаны с необходимостью ликвидации серьезных аварий и неисправностью.

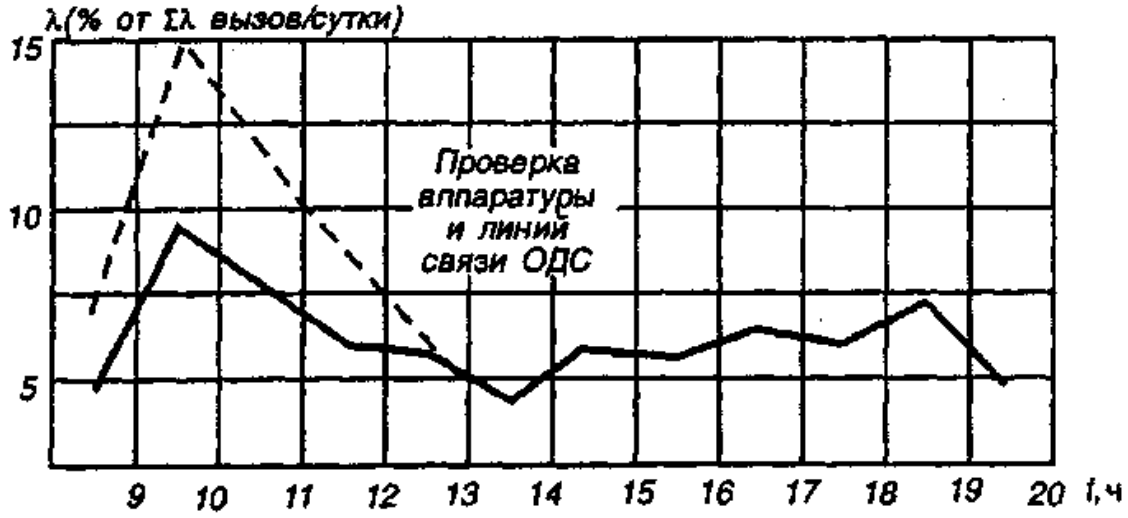


Рисунок 6.3. – Среднее распределение количества сигналов в ОДС в течение суток

Любая система массового обслуживания включает четыре основных элемента: входящий поток, очередь, обслуживающее устройство и выходящий поток. Система массового обслуживания ОДС состоит из двух фаз обслуживания. В первой фазе элементом системы является диспетчер ОДС, а во второй — дежурный персонал (сантехники, электрики и электромеханики по лифтам). Характеристикой первой фазы системы является обслуживание потока вызовов в ОДС в порядке их поступления, т. е. вызовы не имеют приоритета. Причем наличие очереди при поступлении потока вызовов не допускается. Вторая фаза обслуживания включает ряд параллельных каналов обслуживания, которые характеризуются видами инженерного оборудования. Численность дежурного персонала различных специальностей определяется, исходя из условия максимального времени ожидания очереди на обслуживание. Для рациональной организации ОДС необходимо еще на стадии проектирования проводить качественную и количественную оценку возможного информационного потока заявок с учетом специфики диспетчеризуемых микрорайонов и наличия инженерного оборудования.

Общий поток заявок в ОДС *(λ)* будет состоять из отдельных составляющих

$$\lambda = \lambda_{ïë} + \lambda_c + \lambda_ý + \lambda_ï ,$$

где $\lambda_{пл}$ — поток заявок по лифтам; λ_c — поток заявок по санитарно-техническим устройствам; $\lambda_э$— поток заявок по электрооборудованию; $\lambda_л$ — прочие заявки.

Исследования показали, что интенсивность заявок по санитарно-техническому оборудованию в основном зависит от двух факторов, числа санитарно-технических устройств и площади микрорайона, влияние факторов «этажность» и «число жителей» незначительно. Аналогичная картина наблюдается и среди факторов, влияющих на другие виды заявок.

На основании полученных статистических и хронометражных данных возможно с достаточной степенью вероятности оценить параметры создаваемой ОДС

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu},$$

где p — интенсивность загрузки системы в смену; λ — то же, поступления заявок в смену; μ — то же, выполнения заявок в смену.
Среднее время ожидания выполнения заявки:
при наличии одного рабочего данной профессии

$$\omega = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)},$$

при n рабочих

$$\omega = \frac{\rho^{n+1}}{(n-1)!(n-\rho)^2} P_0,$$

где P_o — вероятность занятости рабочих.

Наличие в ОДС достаточного запаса материалов естественно сокращает время выполнения заявок. В то же время наличие в избытке запасных частей и деталей приводит к экономическим издержкам.

Чтобы воспользоваться результатами этой теории, необходимо в первую очередь иметь математическое описание спроса или расхода запасных деталей, а также условия пополнения запасов. В ОДС динамика расхода запасных частей определяется интенсивностью заявок по различным видам работ λ_i.

Согласно методике оценки гарантийного числа запасных деталей необходимо учитывать максимально возможное расчетное число отказов, которое определяют по формуле

$$\lambda_{max} = N_i \lambda_i \delta,$$

где N_i — число эксплуатируемых приборов, шт.; δ — мера точности значений λ_i при заданной гарантийной вероятности. Среднее количество запасных частей

$$Z_{сді} = \lambda_{max} t,$$

где t — расчетное время эксплуатации системы с заданной вероятностью, часов.
Для обеспечения гарантийного запаса $Z_{ср\ i}$, рассчитанное число запасных деталей корректируется на коэффициент запаса $K_{зі}$

$$Z_{3i} = K_{3i} \cdot Z_{сð\,i}, \qquad (6.1)$$

где $$K_{3i} = \frac{(10 + 1{,}06) \cdot Z_{сð\,i}}{Z_{сð\,i}}. \qquad (6.2)$$

Пример. Требуется рассчитать потребности в запасных частях для санитарно-технических устройств на одну ОДС.

По результатам статистической оценки интенсивности отказов получены следующие данные.

Таблица 6.2

Устройства и запасные части		Интенсивность отказов
Кран-смеситель:		
Запорная прокладка	n1	0,0175
вентильная головка	n2	0,00599
Сифон	n3	0,00264
Бачок смывной «Компакт»:		
поплавковый клапан	n4	0,00202
груша резиновая	n5	0,00446

В жилых домах, обслуживаемых данной ОДС, установлено приборов $n1$, $n2$, $n3$ = 6000 шт. , $n4$, $n5$ = 3000 шт. Мера точности данных об отказах при достоверности расчетов 98 % составляет δ_{n1}^{5} = 1,072.

По формуле (6.1) определяем максимально возможное, расчетное число отказов:

λ_1 max = 6000x0,234x10^{-5}x1,072 = 0,1505;

λ_2 max = 6000x0,833x10^{-5} x1,072 = 0,0535;

λ_3 max = 6000x0,367x10^{-5}x 1,072 = 0,0236;

λ_4 max = 3000x0,59x10^{-5}x 1,072= 0,0379;

λ_4 max = 3000x0,62x10^{-5}x 1,072= 0,0398.

Среднее число запасных частей, необходимое на 1 месяц работы ОДС, определенное по формуле (6.2), где t = 30x24 = 720 ч/мес:

$Z_{ср\,1}$ = 0, 1505x720 = 108,8 ~ 108;

$Z_{ср\,2}$ = 0, 0535x720 = 38,5 ~ 39;

$Z_{ср}$ з = 0,0236x720 = 16,99 ~ 17;

$Z_{ср\,4}$ = 0, 0379x720 = 27, 28 ~ 27;

$Z_{ср\,5}$ = 0, 0398x720 = 28, 65 ~ 29.

Коррекция на коэффициент запаса K_3 составит по формуле (6.2):

K_{31} = 1,15; K_{32} = 1,32; K_{33} = 1,65; K_{34} = 1,43; A_{35}= 1,4.

Необходимое число запасных деталей определяют из выражения (6.1):

$Z_{ч1}$ = 1,25 x108= 124; $Z_{ч2}$= 1,32x39 = 52; $Z_{ч3}$ = 1,65x17 = 28; $Z_{ч4}$ = 1,43x27 = 39; $Z_{ч5}$ = 1,4x29 = 41.

Вероятность того, что при рассчитанном количестве запасных деталей заявки не будут отложены, составят 0,94.

Объединенные диспетчерские системы (ОДС) микрорайонов обеспечивают не только возможность жителям сообщать диспетчеру о проблемах, возникающих в доме, но позволяют с диспетчерского пульта контролировать технологические параметры инженерных систем и оборудования.

Актуальность установления рациональных площадей микрорайонов, обслуживаемых ОДС, вызвана тем, что диспетчерские системы следует рассматривать как элемент управления жилищным хозяйством. Определение экономически и организационно целесообразной площади обслуживания одной ОДС позволяет решать вопросы и о рациональных границах низовых управляющих компаний, а также принимать решения о границах территорий первичных муниципальных образований.

Понятие радиуса обслуживания ОДС вводится условно, так как площадь микрорайонов, как правило, не является кругом, и поэтому на стадии предварительного рассмотрения существование оптимального радиуса обслуживания ОДС принимается как гипотеза.

При оптимальном радиусе приведенные затраты на сооружение ОДС будут минимальными, руб.:

$$\ddot{I} = \hat{E}_{\hat{i}} + \tilde{N}\grave{O}_{\acute{I}} ,$$

где K_o— капитальные вложения в ОДС; C — годовые эксплуатационные затраты на работу ОДС, руб./г; $T_н$ — нормативный срок окупаемости дополнительных капитальных вложений.

Капитальные вложения в ОДС, руб., определяют по формуле

$$K = K_o + K_{пр} + K_м + K_п + K_д + K_л,$$

где $Ко$ — капитальные вложения в оборудование и контрольно-измерительные приборы; $K_{пр}$ — стоимость проектных работ; $K_м$ — затраты на монтаж ОДС; $K_п$ — затраты на строительство помещения под устройство диспетчерского пункта; $K_д$ — затраты на оборудование диспетчерского пункта; $K_л$ — затраты на строительство или аренду линий связи. Эксплуатационные затраты ОДС, руб., определяют по формуле

$$C = З_н + A_o + A_л + C_{то} + C_a,$$

где $З_п$ — заработная плата (с начислениями на нее) персонала ОДС; A_o — амортизационные отчисления от стоимости периферийного оборудования и диспет-

черского пункта; $A_л$ — то же, линий связи; $C_{то}$ — затраты на техническое обслуживание ОДС; $C_а$ — то же, на аренду помещения.
Для определения оптимального радиуса действия ОДС необходимо все слагаемые приведенных затрат представить в функциональной зависимости от обслуживаемой площади микрорайона.
Порядок выполнения работы.

1. По заданию преподавателя вероятность появления соответствующего числа вызовов.
2. Определить необходимое количество запасных частей для безотказного обслуживания санитарно-технического оборудования.

Практическая работа № 7

Управление в процессе восстановления

Цель работы: изучить использование математического аппарата теории массового обслуживания, разработанного применительно к ординарным потокам требований.

Исследования вопросов управления в процессе восстановления, вопросов надежности систем на современном уровне требуют привлечения аппарата теории массового обслуживания. Это обусловлено тем, что процесс строительного производства непрерывно усложняется, а число его взаимосвязанных участников увеличивается. Все это приводит к тому, что координация работы отдельных звеньев, участвующих в процессе строительства и ремонта, становится все более сложной.

В работе одного из авторов, выполненной совместно с Н. М. Молокановым, рассматривалось использование математического аппарата теории массового обслуживания, разработанного применительно к ординарным потокам требований. На практике ремонтно-восстановительных работ нередки случаи, когда требования на осуществление ремонта поступают в систему группами со случайным числом заявок в каждой.

В системе обслуживания встречаются задачи с приоритетными потоками. Работа таких систем организовывается так, что наиболее важные заявки обслуживаются в первую очередь, например при аварийном состоянии конструкций зданий.

Необходимо учитывать, что работа некоторых систем может быть организована так, что поступающая заявка обслуживается несколькими каналами.

Пусть имеется n-канальная система обслуживания с отказами. В момент поступления очередной заявки в систему к ее обслуживанию немедленно приступают все n свободных звеньев. Эта система может заменяться одинаковой по производительности одноканальной, у которой математическое ожидание времени обслуживания определяется из зависимости

$$t = 1/(\gamma_1 + \gamma_2 + ... + \gamma_n), \qquad (7.1)$$

где γ_i $(i = 1, 2, ..., n)$ — производительность i-го звена.
Отсюда производительность всех звеньев при ремонтных работах равна

$$\ddot{I} = n \cdot \gamma. \qquad (7.2)$$

Вероятность того, что вновь поступившая заявка на ремонт будет обслужена:

$$P_o = 1 / (1+\alpha), \qquad (7.3)$$

где $\alpha = \lambda / \gamma$,
λ – интенсивность поступления заявок на ремонты.

Вероятность отказа в обслуживании

$$P_{отк} = \alpha / (1+\alpha).$$

Следовательно, для большинства случаев систем управления строительным производством при капитальном ремонте и реконструкции зданий можно использовать методику оценки эффективности строительного процесса на основе теории массового обслуживания.

Рассмотрим эту методику на следующем практическом примере. Пусть ремонтно-строительная организация ведет капитальный ремонт M производственных объектов. Для ремонтных работ требуется доставка кирпича на объекты с интенсивностью m, тыс. шт. в день.

Случайная величина γ подчиняется экспоненциальному закону и поток требований на доставку кирпича является простейшим, а значит математическое ожидание этой случайной величины равно $1/\lambda$.

Поскольку время обслуживания каждого требования эквивалентно, то можно считать, что оно также распределено по экспоненциальному закону с математическим ожиданием времени обслуживания одного требования $1/\gamma$.

Система ремонтно-строительной организации — объекты могут находиться в $K = M + 1$ состояний:

1) все объекты обеспечены материалом;
2) один объект простаивает, а на M- 1 ведутся работы;
3) два объекта простаивают, а на M-2 ведутся работы и т. д.

Вероятность нахождения системы в одном из этих состояний

$$Đ_k = M! / (M - K)! (\lambda / \gamma)^k P_o, \qquad (7.4)$$

где P_0 — вероятность того, что все объекты обеспечены строительными материалами.

Используя математический аппарат теории массового обслуживания, основные характеристики работы ремонтно-строительной организации: коэффициент загруженности

$$Q_1 = 1 - P_O, \tag{7.5}$$

коэффициент простоя объекта из-за отсутствия материалов

$$Q_2 = \frac{\sum_{k=2}^{M}(K-1)P_k}{M}. \tag{7.6}$$

Рассмотрим практический пример использования вышеприведенной методики для анализа и управления процессом ремонтно-восстановительных работ.

Дорстройтрест ведет капитальный ремонт шести однотипных зданий. С каждого объекта на производственную базу треста поступает в среднем одно требование на кирпич за 1,5 смены работы. А база снабжения затрачивает на удовлетворение одного требования в среднем 1,6 ч. Определим загруженность ремонтно-строительной организации на ведение ремонтных работ и средние простои рабочих на объектах, используя формулы (7.4), (7.5) и (7.6).

Имеем: $M = 6$, $1/\lambda = 1{,}5$ смены, $\lambda = 1/1{,}5 = 0{,}66$; $1/\gamma = 1{,}6$ ч; $\gamma = 1/0{,}2 = 5$.

Вычисления сведем в таблицу 7.1.

Суммируя 3-й столбец таблицы и учитывая, что $\sum_{k=0} P_K = 1$, получим

$$\sum_{k=0}\frac{P_K}{P_O} = \frac{1}{P_O}\sum_{k=0}^{6} P_K = \frac{1}{P_O} = 2{,}72.$$

Откуда $P_o = 0{,}37$.

Таблица 7.1

К	*К-1*	P_k / P_o	P_k	P_k *(К-1)*
0	0	1,00	0,37	0,00
1	0	0,79	0,29	0,00
2	1	0,51	0,19	0,19
3	2	0,28	0,10	0,2О
4	3	0,11	0,04	0,12.
5	4	0,03	0,01	0,04
6	5	0,00	0,00	0,00

		2,72	1,00	0,55

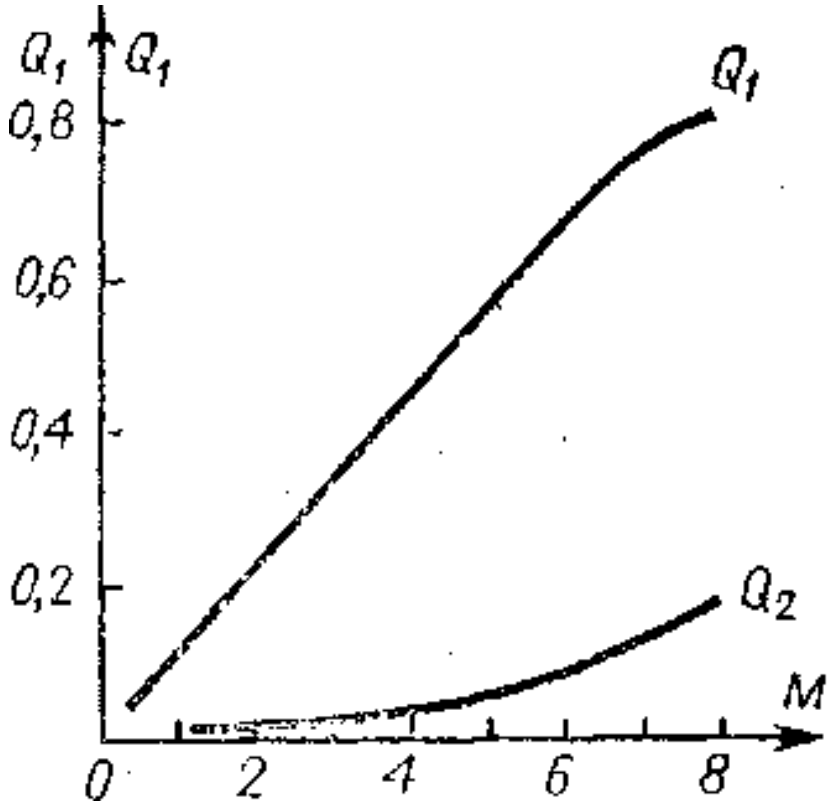


Рисунок 7.1 – Зависимости Q_1 и Q_2 от М

Используя уравнение (7.6) рассчитаем коэффициент загрузки производственной базы треста на ремонтные работы:

$$Q_1 = l — P_0 = 1— 0,37 = 0,63.$$

Коэффициент простоя бригад на объектах

$$Q_2 = \frac{\sum_{k=2}^{6}(K-1)P_k}{M} = \frac{0,55}{6} = 0,11.$$

Из-за отсутствия кирпича, каждый объект простаивает примерно 6 мин/ч. На графике рисунке 7.1 показаны зависимости Q_1 и Q_2 от количества одновременно ремонтируемых зданий.

Методика расчетов позволяет подбирать выработку подразделений, состав бригад, уровень механизации и т. д., занимающихся ремонтными

работами с тем, чтобы обеспечить поточное ведение работ при ритмичной работе строительных машин и звеньев ремонтно-строительных рабочих.

Порядок выполнения работы.

1. По заданию преподавателя рассчитать коэффициент простоя бригад.
2. Построить зависимость коэффициента загруженности Q_1 и коэффициента простоя Q_2 от интенсивности и количества М производственных объектов.

Таблица 7.2

Вариант	Одно требование на кирпич поступает, час	Время удовлетворения базой требования, час
1	1,5	1,6
2	1,6	1,5
3	2	1,8
4	3	3,5
5	1,8	1,3
6	2,5	2,0
7	2,2	2,7

Практическая работа № 8

Определение физического износа гражданских зданий

Цель работы: изучить методику определения физического износа гражданских зданий.

Методика определения физического износа гражданских зданий разработана институтом управления жилищного хозяйства.

Общие указания.

1. Настоящая Методика определения физического износа гражданских зданий вводится взамен таблиц признаков для определения процента изношенности частей строений и элементов благоустройства по инвентаризации коммунальных имуществ.

2. Под физическим износом конструктивного элемента и здания в целом понимается ухудшение технического состояния *(потеря эксплуатационных, механических и других качеств),* в результате чего происходит соответствующая утрата их стоимости.

3. Определение величины физического износа пропорционально нормативному сроку службы и возрасту зданий, как правило, не допускается.

4. В основу разработки настоящей Методики положена закономерность соотношения физического износа и стоимости объективно необходимого капитального ремонта, имеющего целью возмещение этого износа, с учетом восстановительной стоимости конструктивных элементов.

5.Физический износ определяется по таблицам части II Методики для каждого из участков конструктивного элемента, имеющих различную изношенность. Износ всего конструктивного элемента подсчитывается сложением величин износа отдельных участков, взвешенных по их удельному весу, в общем объеме конструктивного элемента (таблица 8.1 – таблица 8.5).

6. Определение физического износа здания производится принятым в технической инвентаризации методом сложения величин физического износа отдельных конструктивных элементов, взвешенных по удельному весу восстановительной стоимости каждого из них в общей стоимости здания.

7. Признаки физического износа устанавливаются в основном путем осмотра (визуальным способом). Используются простейшие приспособления (уровень, отвес, метр, металлическая линейка, молоток, бурав, топор и т. п.). В исключительных случаях возможно производство вскрытий отдельных конструктивных элементов силами эксплуатирующих организаций.

8. В таблицах части II признаки физического износа расположены по нарастающей сложности. Признаки, характерные для большей величины износа, даны с учетом предыдущих признаков. В примерном составе ремонтных работ сопутствующие и отделочные работы, подлежащие выполнению, не упоминаются.

9. Допускается следующая степень округления величины физического износа:

для отдельных участков конструктивного элемента — до 10 %;

для конструктивного элемента в целом — до 5 %;

для здания в целом — до 1 %.

10. Интервалы величины физического износа в таблицах части II приняты в зависимости от ценности конструктивного элемента.

Для менее ценных конструктивных элементов принят интервал в 20 %, причем признаки указаны для средних значений. Износ более ценных конструктивных элементов указан с интервалом в 10 %, а признаки даны для крайних — больших — значений.

Для столбчатых фундаментов признаки даны с интервалом 20 %. Следовательно, в интервале 21 — 40 % признаки соответствуют величине износа в 30 %. Крайние же значения (т. е. 20 или 40 %) могут быть приняты в зависимости от того, насколько техническое состояние конструктивного элемента лучше или хуже указанного для износа в 30 %.

11. Методикой учтены девять укрупненных элементов здания, которые при необходимости могут быть расчленены на более детальную номенклатуру (таблица 8.14).

12. При отсутствии в данной методике таблиц для каких-либо малоценных или редко встречающихся конструктивных элементов, а также при появлении новых типов конструкции и материалов следует пользоваться таблицами близ-

ких по характеру конструктивных элементов или нижеследующей укрупненной шкалой Физического износа.

Физический износ конструкции, элемента или системы, имеющих различную степень повреждения отдельных участков, $Ф_к$, %, определяют по формуле

$$\hat{O}_{\hat{e}} = \sum_{i=1}^{n} \hat{O}_i \cdot \frac{P_i}{P_k},$$

где $Ф$ – физический износ участка конструкции, элемента или системы, определенный по таблицам настоящего технического кодекса, %; P_i — размер (площадь или длина) поврежденного участка, м^2; $P_к$ — размер всей конструкции, м^2; n – число поврежденных участков.

Физический износ здания или сооружения $Ф_З$, %, определяют по формуле

$$\hat{O}_{\hat{e}} = \sum_{i=1}^{n} \hat{O}_{ki} \cdot l_i,$$

где $Ф_к$ — физический износ отдельной конструкции, элемента или системы, %; l — коэффициент, соответствующий доле восстановительной стоимости отдельной конструкции, элемента или системы в общей восстановительной стоимости здания (сооружения); n — число отдельных конструкций, элементов или систем в здании (сооружении).

Доли восстановительной стоимости отдельных конструкций, элементов или систем в общей восстановительной стоимости здания принимают по укрупненным показателям восстановительной стоимости зданий, а конструкций, элементов или систем, не имеющих утвержденных показателей, — по их сметной стоимости.

Усредненное значение доли восстановительной стоимости укрупненных конструктивных элементов зданий приведены в таблице 8.1 и таблице 8.5.

Численные значения физического износа следует округлять: для отдельных участков конструкций, элементов и систем — до 10 %; для конструкций, элементов и систем — до 5 %; для здания (сооружения) в целом — до 1 %.

Для слоистых конструкций — стен и покрытий — применяют систему двойной оценки физического износа: по техническому состоянию (см. таблицы настоящего технического кодекса) и по сроку службы конструкции. За окончательную оценку износа принимают большее значение.

Физический износ слоистой конструкции по сроку службы, $Ф_с$, %, определяют по формуле

$$\hat{O}_c = \sum_{i=1}^{n} \hat{O}_i \cdot K_i,$$

где Φ_c — износ материала слоя (определяемый по рисункам Б.1 и Б.2 приложение Б нормативного документа ТКП 45-1.04-119-2008) от срока эксплуатации данной конструкции, %; $\boldsymbol{i}$ — число слоев.

Пример сценки физического износа слоистой конструкции.

Физический износ внутренних систем инженерного оборудования зданий в целом должен определяться на основании оценки технического состояния элементов, составляющих эти системы. Если в процессе эксплуатации некоторые элементы были заменены новыми, физический износ системы следует уточнить расчетным путем на основании сроков эксплуатации отдельных элементов.

Износ системы должен определяться как сумма значений средневзвешенного физического износа элементов.

Ориентировочное определение физического износа систем инженерного оборудования определяется по рисункам Б.3 – Б.7 приложения Б нормативного документа ТКП 45-1.04-119-2008. За окончательную оценку принимают большее значение.

Фундаменты

Сопоставления признаков физического износа, выявленного путем визуального и инструментального обследования, с их значениями, приведенными в соответствующих таблицах настоящего технического кодекса.

1. Если конструкция, элемент, система или участок имеет все признаки износа, соответствующие определенному интервалу его значений, то износ следует принимать равным верхней границе интервала.
2. Если выявлен только один из признаков износа, то износ следует принимать равным нижней границе интервала.
3. Если в таблице интервалу значений износа соответствует только один признак, то физический износ следует принимать по интерполяции в зависимости от размеров или характера имеющихся повреждений.

Таблица 8.1

Стены из мелких блоков, искусственных и естественных камней		
Признаки износа	Количественная оценка	Физический износ, %
1. Отдельные трещины и выбоины.	Повреждения на площади до 5 %	До 10
2. Выветривание раствора из трещины в штукатурке местами, коррозия металлических обделок выступающих частей.	То же, до 10 %	11-20
3. Выветривание раствора швов отдельных камней, трещины в швах или отпадение штукатурки местами, сколы краев камней, глубокие трещины в карнизе.	Ширина трещин до 5 мм	21-30

Окончание таблицы 8.1

4. Глубокие трещины и выпадение камней из карниза, массовое выветривание раствора швов и камней кладки, отпадение штукатурки.	Глубина повреждения швов до 2 см. Площадь повреждений до 20 %	31-40
5. Сквозные трещины и выпадение камней в перемычках, карнизе и углах здания; значительные отклонения от вертикали и выпучивание отдельных участков стен	Отклонение стены от вертикали до 1/200 высоты помещения, выпучивание стены до 1/200 длины	41-50

Таблица 8.2

Стены из слоистых железобетонных панелей		
Признаки износа	Количественная оценка	Физический износ, %
1. Незначительное повреждение отделки панелей, усадочные трещины, выбоины.	Повреждения на площади до 10%. Ширина трещин до 0,3 мм	До 10
2. Выбоины в фактурном слое. Пятна ржавчины.	Повреждения на площади до 15 %	11-20
3. Отслоение раствора в стыках, трещины на наружной поверхности, следы протечек в помещениях.	Ширина трещин до 1 мм. Протечки на площади до 10 %	21-30
4. Трещины, выбоины, отслоение защитного слоя бетона, местами протечки и промерзание в стыках.	Ширина трещин до 2 мм. Повреждения на площади до 20 %	31-40
5. Горизонтальные трещины в простенках и вертикальные в перемычках, выпучивание бетонных слоев, следы протечек и промерзания панелей.	Ширина трещин до 3 мм. Выпучивание стены до 1/200 расстояния между опорными участками панелей	41-50
6. Трещины в простенках и перемычках, разрушение утеплителя (деструкция), следы протечек и промерзания панелей.	Ширина трещин более 3 мм	51-60
7. Массовые трещины и деформации, разрушение и оседание утеплителя, следы протечек и промерзания панелей		61-70

Таблица 8.3

Стены из несущих панелей		
Признаки износа	Количественная оценка	Физический износ, %
1. Повреждение обрамлений выступающих частей фасада, местами мелкие выбоины.	Повреждения на площади до 10%	до10
2. Трещины, выветривание раствора стыков, мелкие повреждения облицовки или фактурного слоя, следы протечек через стыки внутри здания.	То же, ширина трещин до 1 мм	11-20
3. Массовое отслоение, выветривание раствора стыков; повреждение облицовки или фактурного слоя панелей, следы протечек через стыки внутри здания, вертикальные трещины.	Повреждения на площади до 20 %, ширина трещин до 2 мм	21-30
4. Промерзание стен, разрушение заделки стыков, сквозные трещины в стенах, наклонные трещины в перемычках и опорных узлах	Промерзание в 5 % помещений, ширина сквозных трещин до 2 мм	31-40

Таблица 8.4

Перегородки кирпичные		
Признаки износа	Количественная оценка	Физический износ, %
1. Трещины в местах сопряжения перегородок с потолками, редкие сколы.	Ширина трещин до 2 мм. Повреждения на площади до 10%	До 20
2. Трещины на поверхности, глубокие трещины в местах сопряжения со смежными конструкциями.	Ширина трещин на поверхности до 2 мм, в сопряжениях ширина трещин до 10 мм	21-40
3. Выпучивание и заметное отклонение от вертикали, сквозные трещины, выпадение кирпичей	Выпучивание, более 1/100 длины деформированного участка. Отклонение от вертикали до 1/100 высоты помещения	61-80

Таблица 8.5

Лестницы железобетонные		
Признаки износа	Количественная оценка	Физический износ, %
1. Редкие трещины на ступенях, отдельные повреждения перил.	Ширина трещин до 1 мм	До 20
2. Выбоины и сколы местами в ступенях, перила повреждены, лестничные площадки имеют трещины поперек рабочего пролета.	То же, до 2 мм	21-40
3. В подступенках глубокие трещины, отдельные проступи отпали, маршевые плиты (косоуры) имеют трещины и оголение арматуры.	Ширина трещин до 2 мм. Прогиб косоуров (маршей) до 1/200 пролета	41-60
4. Марши и площадки имеют прогибы и местные разрушения, трещины в сопряжениях маршей и площадок с несущими конструкциями, ограждающие решетки расшатаны и местами отсутствуют, пользоваться лестницей опасно	Прогиб до 1/150 пролета	61-80

Таблица 8.6

Кровли рулонные	
Признаки износа	Физический износ, %
1. Одиночные мелкие повреждения и пробоины в кровле и местах примыкания рулонного покрытия к вертикальным поверхностям, прогиб настенных желобов.	До 20
2. Вздутие поверхности, трещины, разрывы (местами) верхнего слоя кровли, требующие замены до 10 % кровли; ржавление и значительные повреждения настенных желобов и ограждающих решеток. Проникание влаги в местах примыкания рулонного покрытия к вертикальным поверхностям, повреждения деталей водоприемных устройств.	21-40
3. Разрушение верхнего и местами нижних слоев покрытия; вздутия, требующие замены от 10 % до 20 % кровли; ржавление и разрушение настенных желобов или водоприемных устройств, свесов и компенсаторов; протечки кровли местами; многочисленные повреждения ограждающих решеток.	41-60
4. Многочисленные протечки, отслоение покрытия от основания, отсутствие частей покрытия, разрушение ограждающих решеток	61-60

Таблица 8.7

Кровли стальные	
Признаки износа	Физический износ, %
1. Ослабление крепления отдельных листов к обрешетке, отдельные протечки.	До 20
2. Неплотность фальцев, пробоины и нарушение примыкания к выступающим частям на отдельных участках; просветы при осмотре со стороны чердака; повреждения настенных желобов.	21-40
3. Ржавчина на поверхности кровли, свищи, пробоины; искривление и нарушение креплений ограждающих решеток; большое количество протечек.	41-60
4. Многочисленные протечки, сильная ржавчина на поверхности кровли и со стороны чердака, разрушение фальцев, большое количество заплат на кровле, разрушение ограждающих решеток	61-80

Таблица 8.8

Полы из керамических плиток	
Признаки износа	Физический износ, %
1. Мелкие сколы и трещины отдельных плиток на площади до 20 % поверхности пола.	До 20
2. Отсутствие отдельных плиток, местами вздутие и отставание на площади от 20 % до 50 % поверхности пола.	21-40
3. Отсутствие плиток на отдельных участках; выбоины в основании на площади свыше 50 % поверхности пола, в санузлах возможны протечки через междуэтажные перекрытия.	41-60
4. Полное разрушение покрытия и основания, массовые протечки в санузлах через междуэтажные перекрытия	61-80
Полы паркетные	
1. Мелкие повреждения и незначительная усушка отдельных паркетных клепок, щели между клепками до 3 мм, коробление отдельных клепок.	До 20
2. Отставание отдельных клепок от основания; сколы, истертость, трещины и сильное коробление местами; отсутствие клепок группами по 5-10 шт. в отдельных местах; небольшие повреждения основания.	21-40
3. Отставание клепок от основания на значительной площади (заметны вздутия, скрип и глухой шум при ходьбе); отсутствие клепок местами на площади до 0,5 $м^2$, сильная истертость; массовое коробление, отдельные просадки и повреждения основания.	41-60
4. Полное нарушение сплошности паркетного покрытия, массовое отсутствие клепок; отдельные просадки и повреждения основания	61-80
Полы дощатые	
1. Единичные мелкие сколы, щели между досками и провисание досок.	До 20
2. Истертость досок в ходовых местах, сколы досок местами, повреждения отдельных досок.	21-40
3. Прогибы и просадки, местами изломы (в четвертях) отдельных досок.	41-60
4. Поражение гнилью и жучком досок, прогибы, просадки, разрушение пола	61-80
Полы из древесностружечных (древесноволокнистых) плит	
1. Единичные мелкие сколы краев плит, местами зазоры между плитами шириной свыше 2 мм, провисание плит.	До 20
2. Истертость и сколы отдельных плит в ходовых местах и стыках, повреждение отдельных плит.	21-40
3. Прогибы и просадки покрытия, сильная изношенность плит, местами поражение гнилью.	41-60
4. Поражение гнилью и жучком, разрушение лаг	61-80
Полы из рулонных материалов	
1. Отставание материала пола в стыках и вздутие местами, мелкие повреждения плинтусов.	До 20
2. Истертость материала пола у дверей и в ходовых местах.	21-40
3. Материал пола истерт, пробит, порван по всей площади помещения, просадки основания местами на площади до 10 % поверхности пола.	41-60
4. Основание пола просело и разрушено на площади более 10 % поверхности пола	61-80

Таблица 8.9

Оконные блоки деревянные	
Признаки износа	Физический износ, %
1. Мелкие трещины в местах сопряжения коробок со стенами, истертость оконных блоков или щели в притворах. Замазка местами отстала, частично отсутствуют штапики; трещины в стеклах, мелкие повреждения отливов.	До 20
2. Оконные переплеты рассохлись, покоробились и расшатаны в углах; часть приборов повреждена или отсутствует; отсутствует остекление, отливы.	21-40
3. Нижний брус оконного переплета и подоконная доска поражены гнилью, древесина расслаивается, переплеты расшатаны.	41-60
4. Оконные переплеты, коробка и подоконная доска полностью поражены гнилью и жучком; створки не открываются или выпадают; все сопряжения нарушены	61-80
Оконные блоки металлические	
1. Уплотнительные прокладки изношены или отсутствуют, трещины в стеклах или отсутствие остекления местами, незначительные трещины в местах сопряжения коробок со стеклами.	До 20
2. Нарушение герметизации оконных коробок, приборы частично утеряны и/или неисправны, повреждение оконных отливов, оконные переплеты деформированы.	21-40
3. Коррозия элементов коробки и переплетов, деформация коробок и переплетов	41-60
4. Массовая коррозия оконных коробок и переплетов, полное разрушение коробок и переплетов	61-80
Двери деревянные	
1. Мелкие поверхностные трещины в местах сопряжения коробок (колод) со стенами и перегородками, истертость дверных полотен или щели в притворах.	До 20
2. Дверные полотна осели и/или имеют неплотный притвор по периметру коробки, приборы частично утрачены или неисправны, дверные коробки (колоды) перекошены, наличники повреждены.	21-40
3. Коробки местами повреждены и/или поражены гнилью, наличники местами утрачены, обвязка полотен повреждена.	41-60
4. Полное расшатывание дверных полотен и коробок (колод), массовое поражение древесины гнилью и жучком	61-80

Окраска масляная	
1. Мелкие единичные повреждения окрасочного покрытия.	До 10
2. Потемнение и загрязнение окрасочного слоя, матовые пятна и потеки.	21-40
3. Сырые пятна, отслоение, вздутие и местами отставание окрасочного слоя со шпаклевкой на площадк до 10 % поверхности покрытия.	41-60
4. Многочисленные пятна, отслоение и местами отпадение окрасочного слоя со шпаклевкой	61-80
Оклейка обоями	
1. Отставание и повреждение кромок обоев в отдельных местах.	До 20
2. Трещины, загрязнение и обрывы в углах, местах установки электрических приборов и у дверных проемов; обесцвечивание рисунка местами.	21-40
3. Выгорание, загрязнение обоев на площади до 50 % поверхности стены, отставание обоев от стены.	41-60
4. Выгорание, отставание обоев от стены, трещины и разрывы на всей поверхности стены	61-80

Окончание таблицы 8.9

Облицовка керамическими плитками	
1. Мелкие трещины и сколы в плитках.	До 20
2. Частичное выпадение или неполное прилегание плиток на площади до 50 % облицовки.	21-40
3. Отсутствие плиток на площади до 50 % облицовки, неполное прилегание плиток на площади более 50 % облицовки.	41-60
4. Отсутствие плиток на площади более 50 % облицовки, сохранившиеся плитки легко снимаются, раствор основания разрушен	61-80
Штукатурка	
1. Волосяные трещины и сколы в отдельных местах.	До10
2. Глубокие трещины, мелкие пробоины, отслоение накрывочного слоя местами	11-20

Таблица 8.10

Система горячего водоснабжения	
Признаки износа	Физический износ, %
1. Ослабление сальниковых набивок, прокладок смесителей и запорной арматуры, нарушение теплоизоляции магистралей и стояков в отдельных местах.	До 20
2. Капельные течи в местах резьбовых соединений трубопроводов и врезки запорной арматуры; нарушение работы отдельных полотенцесушителей (течи, нарушение окраски, следы ремонта); нарушения теплоизоляции магистралей и стояков; поражение коррозией магистралей в отдельных местах.	21-40
3. Неисправность смесителей и запорной арматуры; следы ремонта трубопроводов и магистралей (хомуты, заплаты, замена отдельных участков); неудовлетворительная работа полотенцесушителей; значительная коррозия трубопроводов.	41-60
4. Неисправность системы: выход из строя запорной арматуры, смесителей, полотенцесушителей, следы больших ремонтов системы в виде установленных хомутов, частичных замен, заварок; коррозия элементов системы	61-80
Система центрального отопления	
1. Ослабление прокладок и набивки запорной арматуры, нарушение окраски отопительных приборов и стояков, нарушение теплоизоляции магистралей в отдельных местах.	До 20
2. Капельные течи в местах врезки запорной арматуры, приборов и в секциях отопительных приборов; отдельные хомуты на стояках и магистралях; значительные нарушения теплоизоляции магистралей; следы ремонта калориферов.	21-40
3. Капельные течи в отопительных приборах и местах их врезки; следы протечек в отопительных приборах и следы их восстановления, большое количество хомутов на стояках и магистралях, следы их ремонта в отдельных местах и выборочной замены; коррозия трубопроводов магистралей; неудовлетворительная работа калориферов.	41-60
4. Многочисленные повреждения трубопроводов (стояков и магистралей), сильное поражение ржавчиной, следы ремонта в отдельных местах (хомуты, заварка), неудовлетворительная работа отопительных приборов и запорной арматуры, их закипание; значительное нарушение теплоизоляции трубопроводов	61-80

Окончание таблицы 8.10

Система холодного водоснабжения	
1. Ослабление сальниковых набивок, прокладок кранов и запорной арматуры, в некоторых смывных бачках утечка воды, повреждение окраски трубопроводов в отдельных местах.	До 20
2. Капельные течи в местах врезки кранов и запорной арматуры; отдельные повреждения трубопроводов (свищи, течи); поражение коррозией отдельных участков трубопроводов; утечки воды в 20 % приборов и смывных бачков.	21-40
3. Нарушение работы арматуры и смывных бачков (до 40 %); следы ремонта трубопроводов (хомуты, заварка, замена отдельных участков, значительная коррозия трубопроводов; повреждение до 10 % смывных бачков (трещины, потеря крышек, рукояток).	41-60
4. Полное нарушение работы системы: выход из строя запорной арматуры, большое количество хомутов, следы замены участков трубопроводов	61-80

Таблица 8.11

Признаки износа	Количественная оценка	Физический износ, %
Фундаменты ленточные каменные, бетонные, железобетонные		
1. Мелкие трещины в цоколе и под окнами первого этажа.	Ширина трещин до 2 мм То же, до 1 см	До 20
2. Трещины, сырые места в цоколе и под окнами, выпучивание отдельных участков стен и подвала.	Неравномерная осадка с прогибом стены до 0,02 ее длины	21-40
3. Выпучивание и заметное искривление цоколя, сквозные трещины в цоколе с развитием на всю высоту здания, выпучивание полов и стен подвала.	Прогиб стены более 0,02 ее длины	41-60
4. Многочисленные прогрессирующие сквозные трещины на всю высоту здания; значительное выпирание грунта и разрушение стен подвала		61-80
Фундаменты на свайном основании, столбчатые, каменные, бетонные, железобетонные		
1. Наличие волосяных трещин в цокольной части здания.	Ширина трещин до 1,5 мм	До 20
2. Искривление горизонтальных линий без признаков дальнейшей осадки.	Прогиб стены до 1/100 ее длины	21-40
3. Сквозные трещины в цоколе, распространяющиеся на всю высоту здания; искривление и значительная осадка отдельных участков стен; развитие осадок не наблюдается.	Ширина трещин до 1 см	41-60
4. Развитие сквозных трещин по всем направлениям стен здания; разрушение стен цоколя; развитие деформаций фундамента и трещин в кладке	Прогиб стены более 1/100 её длины	61-80

Продолжение таблицы 8.11

Стены кирпичные		
1. Отдельные волосяные трещины.	Ширина трещин до 1 мм	До 10
2. Глубокие трещины и отпадение штукатурки местами, выветривание швов на глубину до 1 см на площади до 10 % поверхности стены.	То же, до 2 мм, глубина трещин до 1/3 толщины стены, разрушение швов на глубину до 1 см на площади до 10%	11-20
3. Выпучивание или отпадение штукатурки местами на плоскости стен, у карнизов и перемычек или выветривание раствора швов; выкрашивание отдельных кирпичей; трещины в кладке карниза и перемычек, следы сырости поверхности стен.	Глубина разрушения швов до 2 см на лощади до 30 %	21-30
4. Массовое выпучивание с отпадением штукатурки; выкрашивание кирпичей из кладки стен, карниза, перемычек; выколы и сырые места.	Ширина трещин более 2 мм	31-40
5. Сквозные осадочные трещины в перемычках и под оконными проемами, массовое выпадение кирпичей, незначительное отклонение от вертикали.	Глубина разрушения швов до 4 см на площади до 50 %	41-50
6. Мелкие прогрессирующие сквозные трещины; кладка стен местами расслаивается, легко разбирается; заметные искривления и выпучивание стен в отдельных местах.	Отклонение стен от вертикали не более 1/200 высоты помещения	51-60
7. Кладка совершенно разрушена и деформирована	Выпучивание стен с прогибом более 1/200 длины деформируемого участка	61-70
Стены из крупноразмерных блоков и однослойных несущих панелей		
1. Повреждение покрытия выступающих частей фасада; отдельные мелкие выбоины.	Повреждения на площади до 25 %. Ширина трещин до 1 мм	До 10
2. Выбоины местами в фактурном слое; следы ржавчины возле выбоин; загрязнение и выцветание отделки.	Повреждения на площади до 30 %	11-20
3. Отслоение и выкрашивание раствора из стыков; следы протечек через стыки внутрь здания; трещины.	Протечки в 5 % помещений, ширина трещин до 2 мм. Ширина трещин до 3 мм. Повреждения на площади до 20 %. Протечки и промерзание в 20 % помещений. Ширина трещин до 3 мм	21-30
4. Широко раскрытые трещины и выбоины; отсутствие раствора в стыках; следы постоянных протечек; промерзание и продувание через стыки		31-40
5. Диагональные трещины по углам простенков; вертикальные трещины по перемычкам и в местах установки балконных плит и козырьков.		41-50
6. Вертикальные широко раскрытые трещины в стыках и перемычках; нарушение связи между отдельными участками стен.	То же, более 3 мм, длина трещин более 3 м	51-60
7. Заметное искривление горизонтальных и вертикальных линий стен; массовое разрушение блоков и панелей	Выпучивание стен более 1/200 длины деформированного участка; отклонение от вертикали более 1/100 высоты стены	61-70

Окончание таблицы 8.11

Стены из несущих панелей		
1. Повреждение обрамлений выступающих частей фасада; местами выбоины.	Повреждения на площади до 10 %	До 10
2. Трещины, выкрашивание раствора из стыков, мелкие повреждения облицовки или фактурного слоя возле стыков; следы протечек через стыки внутри здания.	То же, ширина трещин до 1 мм	11-20
3. Массовое отслоение; выкрашивание раствора из стыков; повреждение облицовки или фактурного слоя панелей, следы протечек через стыки внутри здания.	Повреждения на площади до 20 %	21-30
4. Промерзание стен, разрушение заделки стыков, сквозные трещины в стенах, наклонные трещины в перемычках и опорных узлах.	Ширина трещин до 2 мм	31-40
5. Мокрые пятна, выколы и следы протечек внутри помещения; массовые вздутия или отсутствие облицовки снаружи.	Промерзание в 5 % помещений	41-50
6. Выпирание или отпадение части конструкций; нарушение крепления панелей; мелкие трещины в каркасе.	Ширина сквозных трещин до 2 мм	61-70
7. Горизонтальные и вертикальные линии стен искривлены, панели отошли от основных конструкций, в панелях глубокие трещины, нарушение работы узлов, мелкие повреждения каркаса	Повреждения в 10 % помещений, наружные повреждения на площади до 30 %	
Перекрытия из сборного железобетонного настила		
1. Трещины в швах между плитами.	Ширина трещин до 1 мм	До 10
2. Незначительное смещение плит относительно друг друга по высоте, местами неровности потолка, отслоение выравнивающего слоя.	Смещение до 1,5 мм	11-20
3. Значительное смещение плит перекрытия относительно друг друга по высоте и неровности потолка, сырые пятна в местах опирания плит на наружные стены.	Смещение до 3 см	21-30
4. Волосяные трещины на поверхностях плит в пролетах, трещины и сырость на плитах и на стенах в местах опирания плит.	—	31-40
5. Поперечные трещины в плитах без оголения арматуры, прогиб плит.	Ширина трещин до 2 мм. Прогиб 1/100 пролета	41-50
6. Глубокие поперечные трещины с оголением арматуры, прогрессирующее смещение плит из плоскости с заметным	Ширина трещин более 2 мм. Прогиб до 1/50 пролета	51-60

Примеры оценки физического износа конструкций, элементов, систем и здания в целом

Пример 1. Оценка физического износа конструктивного элемента с учетом удельного веса участков, имеющих различное техническое состояние.

Определим физический износ ленточных железобетонных фундаментов каменного четырехсекционного здания.

Осмотром установлено: 1) фундаменты под двумя секциями имеют признаки, соответствующие 40 % износа; 2) фундаменты под одной промежуточной сек-

цией имеют признаки, соответствующие 50 % износа; 3) фундаменты под одной торцовой секцией имеют признаки, соответствующие 30 % износа.
Заполняем рабочую таблицу 8.12.

Таблица 8.12 — Определение физического износа конструктивного элемента здания

Наименование участков	Удельный вес участка к общему объему элемента (P_i / P_k) 100 %	Физический износ участков элементов $Ф_i$, %	Определение средневзвешенного значения физического износа участка, %	Доля физического износа участка, %
Фундаменты под секциями:				
№ 1 , 2	50	40	(50/100) 40	20
№ 3	20	50	(20/100) 50	10
№ 4	30	30	(30/100) 30	9

Итого: $Ф_к$ = 39 %
Округляя величину износа до 5 %, получаем физический износ фундамента 40 %.

Пример 2. Определение физического износа слоистой конструкции.

Требуется определить физический износ трехслойных панельных стен толщиной 35 см с утеплителем из цементного фибролита в доме со сроком эксплуатации 18 лет. В соответствии с указаниями (пункт 4.8 нормативного документа, таблицы 8.1-8.11) определяем физический износ панели по техническому состоянию и по сроку службы.

1. Оценка по техническому состоянию (производится по 5.2.9 нормативного документа).

Получены результаты: 30 % панелей имеет износ 35 %; 70 % панелей имеет износ 20 %. Физический износ всех панелей определяется по формуле (стр. 37) для конструкции с различным износом отдельных участков:

$Ф_к$ = 35 • 30/100 + 20 • 70/100 = 24,5 % = 25 %.

2. Оценка по сроку службы

Панель состоит из двух слоев железобетона и одного слоя цементного фибролита. Срок службы железобетонных слоев принимаем 100 лет (по графику рисунка Б.1, приложение Б нормативного документа ТКП 45-1.04-119-2008) при сроке эксплуатации 18 лет получим физический износ железобетонных слоев 23 %.

Срок службы цементного фибролита в трехслойной панели принимаем; равным 40 лет. Физический износ (по графику рисунка Б.2, приложение Б нормативного документа ТКП 45-1.04-119-2008) составит 35 %.

Определяем (по таблице Г.1 приложение Г нормативного документа ТКП 45-1.04-119-2008) коэффициенты удельных весов слоев по восстановительной стоимости: $K_б$ = 0,38 (оба слоя); $K_{цф}$ = 0,62.

По формуле (3) для слоистой конструкции определяем физический износ:

$Ф_c$ = 23 • 0,38 + 35 • 0,62 = 30,44 % ≈ 30 %.

Принимаем износ по большему знанию — 30 %.

Пример 3. Определение физического износа системы центрального отопления

Исходные данные

Дом полносборный, пятиэтажный, срок эксплуатации — 18 лет.

Система центрального отопления выполнена с верхней разводкой из стальных труб и конвекторов. При осмотре выявлено: капельные течи у приборов и в местах их врезки — до 20 %, большое количество хомутов на магистрали в техническом подполье (до двух на 10 м), имеются отдельные хомуты на стояках, замена в двух местах трубопроводов длиной до 2 м, значительная коррозия. Три года назад заменены калориферы и 90 % запорной арматуры.

Состоянию системы соответствует износ 45 % (по таблице 5.13 пункта 5.13.2 нормативного документа ТКП 45-1.04-119-2008).

С учетом ранее выполненных замен отдельных элементов системы уточняем их физический износ по сроку эксплуатации (по графику рисунка Б.4, приложение Б и приложению Д нормативного документа ТКП 45-1.04-119-2008). Полученные данные сводим в таблицу.

Таблица 8.13 — Расчет физического износа системы центрального отопления

Элементы системы	Удельный вес в восстановительной стоимости системы	Срок эксплуатации, лет	Физический износ элементов по графику, %	Расчетный физический износ $Ф_c$, %
Магистрали	25	18	60	15
Стояки	27	18	45	12,2
Отопительные приборы	40	18	37	14,8
Запорная арматура	7	3	30	2,1
Калориферы	1	3	25	0,4

Итого: физический износ системы центрального отопления — 44,5 %. Принимаем физический износ системы 45 %.

Пример 4. Определение физического износа здания в целом.

При обследовании крупнопанельного пятиэтажного жилого здания проведена оценка физического износа, всех конструктивных элементов и получены данные по оценке газового оборудования, проведенного специализированной организацией.

Результаты оценки физического износа элементов и систем и определения их удельного веса по восстановительной стоимости сведены в таблицу 8.14.

Таблица 8.14

Наименование элементов здания	Удельный вес укрупненных конструктивных элементов	Удельный вес каждого элемента по таблице В.1 (приложение В, ТКП 45-1.04-119-2008)	Расчетный удельный вес элемента i, x100, %	Физический износ элементов здания	
				по результатам оценки	средневзвешенное значение
1 Фундаменты	4	—	4	15	0,6
2 Стены		86	37	25	9,25
3 Перегородки	43	14	6	20	1,2
4 Перекрытия	11	—	11	40	1,1
5 Крыша		75	5,25	40	2,1
6 Кровля	7	25	1,75	45	0,79
7 Полы	11	—	11	25	2,75
8 Окна		48	2,88	10	0,29
9 Двери	6	52	3,12	15	0,47
10 Отделочные	5		5	65	3,25
11 Внутренние устройства, в том числе:	10				
отопление	1,7		1,7	45	0,77
холодное водоснабжение	0,4		0,4	30	0,12
горячее водоснабжение	0,5		0,5	45	0,23
канализация	3,6		3,6	25	0,9
газоснабжение	1,1		1,1	10	0,11
электроснабжение	2,7		2,7	15	0,41
12 Прочие:	3				
лестницы	—	31	31	25	0,23
балконы	—	24	24	30	0,22
остальное	—	45	45	—	—
		100	100		Ф = 24,79

Полученный физический износ округляем до 1 %. Следовательно, физический износ здания составляет 25 %.

Примерные усредненные удельные веса укрупненных конструктивных элементов

Таблица 8.15

Наименование укрупненных элементов	Наименование конструктивных элементов	Удельные веса элементов, %, при объеме здания, тыс. $м^3$			
		до 5	5-10	10-20	>20
1. Стены и перегородки	Стены	68	75	83	89
	Перегородки	32	25	17	11
2. Кровля	Конструкции крыши	75			
	Кровельное покрытие				
3. Проемы	Окна	65	72	80	87
	Двери	35	28	20	13

Таблица 8.16

Наименование укрупненных элементов		Наименование конструктивных элементов				Удельные веса элементов, %, по группам капитальности				
						I	II	III	IV	V
1. Стены и перегородки (100 %)		Стены				773	86	880	776	661
		Перегородки				227	14	220	224	339
2. Кровля (100 %)		Конструкции крыши				775	40	440	440	475
		Кровельное покрытие				225	60	660	660	53
3. Проемы (100 %)		Окна				448	56	556	667	667
		Двери				552	44	444	333	33
		Здания высотой		Варианты						
		до пят этажей	более пяти этажей	с балконами	без балконов					
4. Прочие	Балконы	33	31	15	-	-	-	-		
	Лестницы	25	24	51	51	440	225	—		
	Остальное	42	45	34	49	660	775	1100		

Математическая модель определения физического износа зданий и сооружений в целом.

В ряде случаев не представляется возможным определить физический износ сооружения путем визуального осмотра всех его элементов. В такой ситуа-

ции применяется методика оценки по фактическому сроку службы, основанная на линейном характере зависимости физического износа от срока эксплуатации. Эта методика не всегда корректна, так как она учитывает только материал конструкций, а конструктивные особенности сооружения и режим эксплуатации во внимание не принимаются.

Представляется целесообразным для определения физического износа У, %, использовать уравнение вида

$Y = f(X_1, X_2, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots X_n)$;

где $X_1, X_2, \ldots X_n$ — факторы, влияющие на износ сооружения;

X_1 — срок эксплуатации, лет;
X_2 — уровень ускорения, см/с^2;
X_3 — продолжительность вибрации за период времени в сут;
X_4 — агрессивность среды, класс;
X_5 — неоднородность осадок, % на 6 м.

Для различных зданий и сооружений формулы для определения физического износа имеют вид:

— кирпичные здания —
$У = O,66X_1 + 0,17X_2 + 0,013X_3 + 3,01X_4 + 2645X_5$;

— бетонные и железобетонные здания —
$Y = 0,76X_1 + 0,15X_2 + 0,011X_3 + 2,06X_4 + 1864X_5$;

— промышленные здания с кранами —
$У=0,81X_1 + 0,14X_2 + 0,012Xз + 2,11X_4 + 1781X_5$;

— путепроводы —
$У = 0,87X_1 + 0,18X_2 + 0,005X_3 + 2,62X_4 + 1014X_5$;

— высокие платформы —
$У = 0.70X_1 + 0,21X_2 + 0,006X_3 + 6.66X, + 1096X_5$;

— низкие платформы —
$У = 0,91X_1 + 0,061X_2 + 0,003X_3 + 8,15X_4 + 1264X_5$;

— водопропускные железобетонные трубы —
$У = 0,61X_1 + 0,11X_2 + 0,003Xз + 1,044X_4 + 1613X_5$;

— продуктопроводы без кожуха —
$У = 1,54X_1 + 0,24X_2 + 0,11X_3 + 1681X_5$;

— продуктопроводы с ограждающим кожухом —
$У = 1,54\ X_1 + 0,11X_2 + 0,05X_3 +$
$1666X_5$,

Порядок выполнения работы.

1. По заданию преподавателя определить физический износ помещения или объекта.

Литература

1. Техническая эксплуатация жилых зданий / С. Н. Нотенко [и др.]. – Москва : Высшая школа, 2000. – 429 с.
2. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения : справочник / В. П. Дмитриев [и др.]. – Ленинград : Сройиздат, 1985. – 382 с.
3. Ариевич, Э. М. Эксплуатация тепловых пунктов систем теплоснабжения / В. П. Витальев [и др.]. – Москва : Сройиздат, 1985. – 335 с.
4. Практические и тестовые задания по технической эксплуатации электрооборудования : пособие / В. Р. Пятницкая. – Минск : Высшая школа, 2005. – 143 с.
5. Николадзе, Г. И. Коммунальное водоснабжение и канализация / Г. И. Николадзе. – Москва : Сройиздат, 1983. – 423 с.
6. Справочник по эксплуатации систем водоснабжения канализации и газоснабжения : справочник / В. Д. Дмитриев [и др.]. – Ленинград : Сройиздат, 1981. – 272 с.
7. Шумилов, М. С. Гражданские здания и их техническая эксплуатация / М. С. Шумилов. – Москва : Высшая школа, 1985. – 229 с.
8. Блех, Е. М. Повышение эффективности эксплуатации жилых зданий / Е. М. Блех. – Москва : Сройиздат, 1987. – 289 с.
9. Колоталкин, Б. М. Долговечность жилых зданий / Б. М. Колоталкин. – Москва : Сройиздат, 1965. – 263 с.
10. Ройтман, А. Г. Деформации и повреждения зданий / А. Г. Ройтман. – Москва : Сройиздат, 1987. – 220 с.