

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Логистика и организация производства»

# ОРГАНИЗАЦИЯ И НОРМИРОВАНИЕ ТРУДА

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика  
и организация производства (по направлениям)»  
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2020

УДК 331.91  
ББК 65.24  
О64

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Логистика и организация производства»  
«05» октября 2020 г., протокол № 4

Составитель канд. техн. наук, доц. Т. В. Пузанова

Рецензент канд. экон. наук, доц. И. В. Ивановская

Содержат задания и методические рекомендации по выполнению заданий к лабораторным работам в соответствии с темами, предусмотренными учебной программой по дисциплине «Организация и нормирование труда». Предназначены для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (по направлениям)» очной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

## ОРГАНИЗАЦИЯ И НОРМИРОВАНИЕ ТРУДА

Ответственный за выпуск	М. Н. Гриневич
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2020

## Содержание

Введение.....	4
1 Решение однокритериальной задачи об оптимальном распределении работ между исполнителями по различным экономическим критериям.....	5
2 Решение многокритериальной задачи об оптимальном распределении работ между исполнителями при различных способах организации работ.....	7
3 Моделирование и оптимизация процесса многостаночного обслуживания.....	7
4 Изучение затрат рабочего времени методом хронометража.....	8
5 Изучение затрат рабочего времени методом фотографии рабочего времени.....	11
6 Изучение затрат рабочего времени методом моментных наблюдений.....	13
7 Использование графоаналитического метода для разработки нормативов.....	15
8 Расчет норм времени при многостаночном обслуживании рабочих мест.....	18
Список литературы.....	22
Приложение А. Вопросы к защите лабораторных работ.....	23

## Введение

Целью учебной дисциплины «Организация и нормирование труда» является формирование у студента комплекса теоретических знаний и практических навыков по управлению производственными системами различной степени сложности, проектированию и реализации производственных и трудовых процессов, установлению производственных норм и норм труда.

Задачи учебной дисциплины заключаются в том, чтобы студенты овладели системой базовых инженерно-экономических знаний, необходимых для постижения сущности производственных и трудовых процессов, изучили механизм принятия решений производственными менеджерами (организаторами и нормировщиками).

Тематика лабораторных работ позволяет освоить методику разработки модели экономического объекта и использование ее для решения задач анализа и синтеза. Методика будет использована для определения оптимального распределения работ между исполнителями по различным экономическим критериям на основе применения встроенных средств MS Excel, моделирования и оптимизации процесса многостаночного обслуживания.

Применение методов изучения затрат рабочего времени и нормирование труда позволит проводить анализ структуры затрат рабочего времени и анализировать уровень его использования, устанавливать научно обоснованные нормы труда с учетом технических, экономических, психофизиологических и социальных факторов.

Отчетом является лист MS Excel с результатами выполнения лабораторной работы. В приложении А приведены вопросы к защите лабораторных работ.

# 1 Решение однокритериальной задачи об оптимальном распределении работ между исполнителями по различным экономическим критериям

**Цель работы:** решить задачу об оптимальном распределении работ между исполнителями по критериям времени и стоимости.

## Методические указания

Рассмотрим упрощенный вариант задачи об оптимальном назначении, сохраняющий все основные особенности общей задачи.

Пусть некоторая комплексная работа  $P$  связана с производством совокупности  $m$  более мелких работ  $P_1, P_2, \dots, P_m$ , которые могут выполняться независимо одна от другой. В распоряжении планирующего органа находится  $n$  организаций-исполнителей  $I_1, I_2, \dots, I_n$ , каждая из которых может выполнять только некоторые определенные работы. При этом каждый исполнитель одновременно может выполнять только какую-либо одну работу, и каждая работа одновременно может выполняться только одним исполнителем. Задача состоит в распределении работ между исполнителями таким образом, чтобы одновременно выполнялось возможно большее их число.

Составим математическую модель задачи в предположении, что задана матрица  $[a_{ij}]_{m \times n}$ , элементы которой характеризуют возможности исполнителей, а именно:  $a_{ij} = 1$ , если  $i$ -я работа может выполняться  $j$ -м исполнителем, и  $a_{ij} = 0$  – в противном случае.

Например, проект включает работы  $P_1, P_2, P_3$  и  $P_4$ , которые могут выполняться независимо друг от друга. Исполнители  $I_1, I_2, I_3$  и  $I_4$  могут выполнять не любые, а лишь вполне определенные работы, представленные матрицей возможностей (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Матрица возможностей исполнителей

Работа	Исполнитель			
	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$
$P_1$	1	1	0	1
$P_2$	1	0	1	0
$P_3$	0	1	1	0
$P_4$	0	1	0	0

Обозначим через  $x_{ij}$  ( $i = 1, m; j = 1, n$ ) переменные, характеризующие распределение работ между исполнителями, и согласимся приписывать переменной  $x_{ij}$  значение, равное 1, если  $i$ -я работа поручена  $j$ -му исполнителю, и значение, равное 0, в противном случае. Итак,

$$x_{ij} = 1 \text{ или } 0 \quad (i = 1, m; j = 1, n). \quad (1.1)$$

Поскольку каждому исполнителю можно поручить не больше одной работы, должно выполняться условие

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad (j = 1, n). \quad (1.2)$$

По условию задачи каждую работу можно поручить только такому исполнителю, который способен ее выполнить. Это можно выразить записью

$$x_{ij} \leq a_{ij} \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n). \quad (1.3)$$

Поскольку каждая работа поручается не более как одному исполнителю, то должно выполняться условие

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad (i = 1, \dots, m). \quad (1.4)$$

Очевидно, что общее число  $m$  работ, одновременно выполняемых всеми  $n$  исполнителями, можно представить в виде

$$f = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}. \quad (1.5)$$

Из математической модели (1.1)–(1.5) видно, что задача об оптимальных назначениях является задачей целочисленного линейного программирования, а потому может быть решена известными аналитическими методами.

### ***Порядок выполнения работы***

1 Для заданного преподавателем варианта матрицы возможностей разработать в Microsoft Excel математическую модель для решения задачи об оптимальном назначении с учетом временных и стоимостных параметров работ.

2 Осуществить постановку и решить в Microsoft Excel однокритериальную задачу об оптимальном назначении по критериям времени и стоимости.

3 Решить многокритериальную задачу об оптимальном распределении работ между исполнителями по критериям времени и стоимости.

4 Провести сравнительный анализ полученных результатов по различным вариантам организации и сделать выводы.

5 Отчетом является лист MS Excel, содержащий математическую постановку оптимизационной задачи и результаты ее решения.

## 2 Решение многокритериальной задачи об оптимальном распределении работ между исполнителями при различных способах организации работ

*Цель работы:* с использованием встроенных средств в Microsoft Excel осуществить постановку и решить многокритериальную задачу об оптимальном назначении при различных способах организации работ.

### *Порядок выполнения работы*

1 По заданному варианту описания комплекса работ решить задачу об оптимальном назначении при условии организации выполнения работ последовательно и параллельно во времени по критерию времени.

2 По заданному варианту описания комплекса работ решить задачу об оптимальном назначении при условии организации выполнения работ последовательно и параллельно во времени по критерию стоимости.

3 По заданному варианту описания комплекса работ решить задачу об оптимальном назначении при условии организации выполнения работ последовательно и параллельно во времени по критериям времени и стоимости.

4 Провести сравнительный анализ полученных результатов по различным вариантам организации и сделать выводы.

5 Отчетом является лист MS Excel, содержащий математическую постановку оптимизационной задачи и результаты ее решения.

## 3 Моделирование и оптимизация процесса многостаночного обслуживания

*Цель работы:* выбрать оптимальный вариант многостаночного обслуживания по критерию минимума потерь времени.

### *Методические указания*

Основное условие эффективной организации многостаночного рабочего места можно выразить следующим соотношением:

$$T_{\text{мс}} \geq \sum_{i=1}^{n-1} T_{zi}, \quad (3.1)$$

где  $n$  – число обслуживаемых станков;

$T_{\text{мс}}$  – время автоматической работы станка (машинно-свободное время),

не перекрываемое временем занятости рабочего при работе на данном станке;  
 $T_{zi}$  – время занятости рабочего на  $i$ -м станке.

В случае, если  $T_{mc} > \sum_{i=1}^{n-1} T_{zi}$ , у рабочего возникает свободное время, при

$T_{mc} < \sum_{i=1}^{n-1} T_{zi}$  образуются простои оборудования. Если  $T_{mc} = \sum_{i=1}^{n-1} T_{zi}$ , в цикле нет простоев и у рабочего не возникает свободное время.

Таким образом, число станков, включаемых в многостаночное рабочее место, не должно превышать определенного предела, чтобы по возможности не допустить простоев рабочего и простоев оборудования.

### ***Порядок выполнения работы***

1 Разработать возможные варианты многостаночного обслуживания двумя и тремя рабочими группы станков, исходные данные по которым приведены в таблице 3.1. Выбор оптимального варианта осуществить по критериям минимального свободного времени рабочих и минимальных простоев оборудования.

2 Определить коэффициенты занятости рабочих и загрузки станков.

3 Построить графики многостаночного обслуживания.

4 Отчетом является лист MS Excel, содержащий результаты работы.

Таблица 3.1 – Исходные данные

Время, мин	Станок									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Машинное	16	14	15	11	12	15	17	11	12	12
Занятости	4	3	2	3	3	5	3	4	2	2

## **4 Изучение затрат рабочего времени методом хронометража**

***Цель работы:*** получить технически обоснованную норму оперативного времени по данным хронометражных наблюдений.

### ***Методические указания***

Хронометраж производится с целью получения технически обоснованной нормы оперативного времени. Хронометраж выполняется выборочным или сплошным методом. Проведение наблюдений осуществляется главным образом визуальным методом, при котором наблюдатель вручную регистрирует результаты показаний приборов.



В соответствии с типом производства трудовой процесс по операции делится на элементы, которые записываются в соответствующую графу оборотной стороны хронометражной карты, – комплексы трудовых приемов, трудовые приемы, трудовые действия или трудовые движения.

В соответствии с таблицей 4.1 выбирается число замеров для машинно-ручных и ручных работ, которые позволяют получить технически обоснованную норму времени.

Таблица 4.1 – Число замеров при одном хронометражном наблюдении

Характер работы и степень участия в ней рабочего	Длительность элемента, с		
	до 15	от 15 до 60	св. 60
Машинная	8...10	8...10	5...9
Машинно-ручная	22...26	18...21	14...18
Ручная	37...42	26...30	21...26

Значение продолжительности элемента операции устанавливается по величинам текущих замеров  $T$ .

На оборотной стороне хронометражной карты указываются:

- текущее время  $T$ , которое фиксируется в минутах и секундах;
- продолжительность  $\Pi$ , которая рассчитывается в секундах по формуле

$$\Pi_i = T_i - T_{i-1}, \quad (4.1)$$

где  $T_i$  – текущее время замера в данном хронометражном ряду;

$T_{i-1}$  – текущее время замера в предыдущем хронометражном ряду.

Затем в каждом хронометражном ряду:

- рассчитывается суммарная и средняя продолжительности;
- фиксируются максимальное и минимальное значения продолжительности.

Возможность использования результатов хронометража в целях нормирования и их точность оцениваются соответственно коэффициентами устойчивости хронометражных рядов (таблица 4.2).

Фактический коэффициент устойчивости  $K_{y.ф}$  каждого хронометражного ряда должен удовлетворять условию

$$K_{y.ф} = \frac{t_{\max}}{t_{\min}} \leq K_{y.н}, \quad (4.2)$$

где  $t_{\max}$  и  $t_{\min}$  – максимальное и минимальное значения продолжительности в хронометражном ряду соответственно;

$K_{y.н}$  – нормативный коэффициент устойчивости хронометражного ряда.

Таблица 4.2 – Нормативные коэффициенты устойчивости хронометражного ряда

Тип производства на рабочем месте и продолжительность изучаемого элемента работы, с	Нормативный коэффициент устойчивости хронометражного ряда			
	при машинной работе	при машинно-ручной работе	при наблюдении за работой оборудования	при ручной работе
Массовое:				
до 10	1,2	1,5	1,5	2,0
св. 10	1,1	1,2	1,3	1,5
Крупносерийное:				
до 10	1,2	1,6	1,8	2,3
св. 10	1,1	1,3	1,5	1,7
Серийное:				
до 10	1,2	2,0	2,0	2,5
св. 10	1,1	1,6	1,8	2,3
Мелкосерийное и единичное	1,2	2,0	2,5	3,0

Если условие не выполняется, то производится чистка соответствующих хронометражных рядов.

Из ряда исключаются явно случайные экстремальные значения (последовательно – максимальные и минимальные) до тех пор, пока условие не будет выполняться. Затем пересчитываются суммарная и средняя продолжительность для очищенных хронометражных рядов.

В результате определяются  $T_{\text{ср.оп}}$  и нормативные значения  $T_{\text{в}}$ ,  $T_{\text{о}}$ ,  $T_{\text{оп}}$ , а также рассчитывается часовая производительность по нормативному значению  $T_{\text{оп}}$ .

### ***Порядок выполнения работы***

1 Для заданного преподавателем варианта данных хронометражных наблюдений осуществить их обработку в MS Excel и получить устойчивые хронометражные ряды.

2 На основе устойчивых хронометражных рядов определить  $T_{\text{ср.оп}}$  и нормативные значения  $T_{\text{в}}$ ,  $T_{\text{о}}$ ,  $T_{\text{оп}}$ , а также рассчитать часовую производительность по нормативному значению  $T_{\text{оп}}$ .

3 Отчетом является лист MS Excel, содержащий результаты обработки указанных показателей.

## 5 Изучение затрат рабочего времени методом фотографии рабочего времени

**Цель работы:** получить по фотографии рабочего времени структуру его затрат и оценить наличие потерь времени.

### Методические указания

Фотография рабочего времени (ФРВ) применяется для установления структуры его затрат на протяжении всей рабочей смены или ее части.

Коэффициент использования рабочего времени

$$K_{\text{исп}} = \frac{T_{\text{пз}} + T_{\text{оп}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отл}}}{T_{\text{см}}}, \quad (5.1)$$

где  $T_{\text{пз}}$  – подготовительно-заключительное время, мин;

$T_{\text{оп}}$  – оперативное время, мин;

$T_{\text{обс}}$  – время обслуживания рабочего места, мин;

$T_{\text{отл}}$  – время на отдых и личные надобности, мин;

$T_{\text{см}}$  – продолжительность смены (480 мин).

Коэффициент потерь рабочего времени по организационно-техническим причинам

$$K_{\text{пот}} = \frac{T_{\text{пот}}}{T_{\text{см}}}, \quad (5.2)$$

где  $T_{\text{пот}}$  – время потерь по организационно-техническим причинам, мин.

Коэффициент потерь рабочего времени в связи с нарушением трудовой дисциплины

$$K_{\text{нтд}} = \frac{T_{\text{нтд}}}{T_{\text{см}}}, \quad (5.3)$$

где  $T_{\text{нтд}}$  – время потерь в связи с нарушением трудовой дисциплины.

Возможное повышение производительности труда за счет сокращения прямых потерь рабочего времени

$$П_{\text{пт}} = \frac{T_{\text{пот}} + T_{\text{нтд}} + T_{\text{отлф}} - T_{\text{отлн}}}{T_{\text{оп}}}; \quad (5.4)$$

$$П_{\text{пт}} = \frac{T_{\text{опн}} - T_{\text{опф}}}{T_{\text{опф}}}, \quad (5.5)$$

где  $T_{отлф}$ ,  $T_{отлн}$  – фактические и нормативные затраты рабочего времени на отдых и личные надобности, мин;

$T_{опн}$ ,  $T_{опф}$  – оперативное время фактическое и по нормативному балансу, мин.

### ***Порядок выполнения работы***

1 Для заданного преподавателем варианта данных фотографии рабочего дня осуществить обработку наблюдательного листа в MS Excel, определив продолжительность каждого вида затрат времени и присвоить им соответствующий индекс.

2 Составить нормативный баланс рабочего дня в соответствии с таблицей 5.1 при условии, что заданы следующие нормативы:  $T_{пз}$  на смену – 20 мин,  $T_{обс}$  – 5 %,  $T_{отл}$  – 5 % от сменной нормы.

Таблица 5.1 – Баланс рабочего времени

Индекс затрат времени	Затраты времени, мин		Отклонение, мин	
	нормативные	фактические	излишек	недостаток
$T_{пз}$				
$T_{оп}$				
$T_{обс}$				
$T_{отл}$				
$T_{пот}$				
$T_{нтд}$				
Итого	480	480		

4 Рассчитать  $K_{исп}$ ,  $K_{пот}$ , и  $K_{нтд}$ , определить возможное повышение производительности труда.

3 Отчетом является лист MS Excel, содержащий обработанный наблюдательный лист индивидуальной фотографии рабочего дня, нормативный баланс и результаты расчета указанных показателей.

## **6 Изучение затрат рабочего времени методом моментных наблюдений**

**Цель работы:** получить технически обоснованную норму оперативного времени методом моментных наблюдений.

### ***Методические указания***

Наблюдения для изучения затрат рабочего времени и времени использования оборудования проводятся двумя методами: методом непосредственных замеров времени и методом моментных наблюдений. Первый предполагает измерение длительности затрат времени, второй – регистрацию количества моментов осуществления того или иного вида затрат рабочего времени или моментов работы и перерывов в работе оборудования без специальных замеров времени и определение на основе этих данных удельного веса и абсолютного значения отдельных элементов затрат рабочего времени в общих затратах за период наблюдения.

Проведение наблюдений осуществляется визуально с ручной регистрацией наблюдателем результатов показаний приборов времени. А также счетчиков количества случаев (моментов) осуществления затрат времени. Результаты наблюдений могут фиксироваться с помощью цифровой, индексной и графической форм записи.

Метод моментных наблюдений представляет собой исследование затрат рабочего времени, загруженности рабочих и использования оборудования во времени на основе выборочных наблюдений, проводимых в случайно выбранные моменты времени по большой группе рабочих. С помощью этого метода, не прибегая к сплошному и непосредственному измерению величины всех затрат рабочего времени, путем фиксации числа случаев их повторения, полученных при проведении внезапных и нерегулярных наблюдений, можно получить данные об удельном весе и абсолютных значениях затрат и потерь рабочего времени.

Если число наблюдаемых объектов свыше восьми, то интервалы обходов выбираются так, чтобы они не обладали какой-либо закономерностью относительно цикла производства и носили характер случайной выборки. Эти интервалы (время начала обхода рабочих мест) могут определяться с помощью математических таблиц случайных чисел, обеспечивающих независимость выбора момента начала обхода от воли и желания наблюдателя.

Наблюдения проводятся при обходе рабочих мест по заранее установленному маршруту. Поравнявшись с фиксажным пунктом, наблюдатель определяет, чем занят рабочий в данный момент, и отмечает результаты в бланке наблюдений. Случаи (моменты) повторения того или иного вида затрат рабочего времени фиксируются с помощью условных обозначений, облегчающих процесс наблюдения. Первые четыре отметки наносят точками, образующими контур квадрата (: :), следующие – линиями по вертикали,

горизонтали и диагонали. Квадрат с диагоналями составляет 10 зафиксированных моментов.

Если нужно получить структуру затрат времени сразу по многим рабочим местам, например, по участку цеха или даже по нескольким участкам, используется метод моментных наблюдений, основанный на теории вероятностей, так как наблюдения проводятся в случайно выбранные моменты времени. Наблюдательный лист по одной оси содержит перечень индексов типовых элементов затрат рабочего времени, а по другой – перечень проверяемых рабочих мест. Наблюдатель, обходя по случайному маршруту все рабочие места, последовательно отмечает в листе точкой или «галочкой», какой конкретно элемент затрат времени выполняется на каждом рабочем месте. Количество наблюдений  $n_m$ , позволяющее сделать обоснованные выводы о структуре затрат рабочего времени, рассчитывается по формуле

$$n_m = \theta^2 (1 - \mu) / (\mu \rho^2),$$

где  $\theta$  – коэффициент, характеризующий уровень вероятности нахождения ошибки наблюдения в заданных пределах ( $\theta^2 = 2$  – для крупносерийного производства и  $\theta^2 = 3$  – для мелкосерийного и единичного);

$\mu$  – удельный вес затрат на данный элемент в рабочем времени;

$\rho$  – допустимая величина относительной ошибки результатов наблюдений,  $\rho = 0,03 \dots 0,1$ .

На основе метода моментных наблюдений для всей группы рабочих мест может быть определена структура затрат рабочего времени, характер и доля потерь времени, степень использования оборудования, величина и характер его простоев, коэффициенты занятости рабочих.

### ***Порядок выполнения работы***

Выполнить следующее задание.

В результате проведения наблюдения за 10 рабочими поточной линии, с использованием метода моментных наблюдений, получены данные, представленные в таблице 6.1. Рассчитать коэффициенты использования рабочего времени и потерь, возможный рост производительности труда при условии устранения  $T_{нтд}$  полностью, а  $T_{отл}$  до нормативного уровня – 4 % от  $T_{оп}$ .

Таблица 6.1 – Данные метода моментных наблюдений

Индекс	Количество моментов	Итого моментов	Итого процентов
$T_{пз}$	☒ ☑ ☑ ☑		
$T_{оп}$	☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒☒		
$T_{обс}$	☒		

Окончание таблицы 6.1

Индекс	Количество моментов	Итого моментов	Итого процентов
$T_{отл}$	XX		
$T_{пот}$	X:.		
$T_{нтд}$	XX..		
Итого			100

Отчетом является лист MS Excel, содержащий результаты работы.

## 7 Использование графоаналитического метода для разработки нормативов

**Цель работы:** с применением графоаналитического метода определить и построить в MS Excel нормативные зависимости.

### Методические указания

При использовании графоаналитического метода расчета на графике строят зависимость затрат труда от одного фактора при фиксированных значениях других. Нормативную линию зависимости определяют в следующем порядке.

1 Определяется количество значений фактора, которые будут затем взяты для измерения времени:

$$n = \sqrt{\frac{F_{\max}}{F_{\min}}} + 3, \quad (7.1)$$

где  $F_{\max}$  – максимальное значение фактора;

$F_{\min}$  – минимальное значение фактора;

3 – минимальное количество значений фактора, требующееся для исследования.

2 Рассчитывается величина интервала между значениями фактора по формуле

$$И = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{n - 1}, \quad (7.2)$$

где И – величина интервала;

$n$  – количество значений фактора.

3 Определяются конкретные значения фактора. Первое значение равно начальному значению влияющего фактора, второе значение будет равно начальному плюс величина интервала и т. д.

4 Для каждого из значений фактора проводятся серии хронометражных наблюдений, и определяется среднее хронометражное время по каждой серии.

5 Значение фактора и соответствующие им значения времени отмечают на графике со шкалами фактор и время, в результате получают точки, их соединяют отрезками и выявляют характер изменения зависимости времени от фактора (линейная зависимость, зависимость типа параболы или гиперболы). Если зависимость носит линейный характер, то она выражается уравнением прямой

$$Y = a \cdot X + b, \quad (7.3)$$

где  $Y$  – значение функции (в данном случае времени);

$X$  – значение аргумента (в данном случае фактора);

$a$  – угловой коэффициент наклона линии;

$b$  – свободный член уравнения.

6 Находят среднеарифметические значения фактора  $X_{cp}$  и затрат времени  $t_{cp}$ . Все точки на графике разбивают на две группы: в первую включают точки, имеющие значения  $X < X_{cp}$ , а во вторую – все значения  $X > X_{cp}$ . Для каждой группы находят среднеарифметические значения фактора  $X$  и времени  $t$ , в результате получают координаты двух точек: первая точка с координатами  $(X_{cp1}, t_{cp1})$  и вторая –  $(X_{cp2}, t_{cp2})$ . Через полученные две точки проводят прямую линию, которая и будет нормативной зависимостью изменения времени  $t$  от изменения фактора  $F$ .

7 Коэффициент  $a$  в уравнении (7.3) – это тангенс угла наклона нормативной линии; определяется по формуле

$$a = \frac{t_{cp2} - t_{cp1}}{X_{cp2} - X_{cp1}}. \quad (7.4)$$

8 Значение свободного члена  $b$  уравнения (7.3) можно определить из уравнения прямой линии, подставив в него координаты первой или второй точек, через которые проведена нормативная линия, и значение углового коэффициента наклона нормативной линии.

Если на продолжительность времени влияют два фактора и зависимость носит прямолинейный характер, то строится два графика. Общая зависимость в этом случае имеет вид:

$$Y = a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + b. \quad (7.5)$$



Величина общего свободного члена  $b$  определяется по формуле

$$b = \frac{[(b_1 + b_2) - (a_1 x_{1n} + a_2 x_{2n})]}{2}, \quad (7.6)$$

где  $x_{1n}$  и  $x_{2n}$  – постоянные значения факторов, при которых проводились исследования.

### ***Порядок выполнения работы***

Выполнить следующие задания и построить на листе MS Excel соответствующие графики зависимости времени от соответствующих факторов.

#### **Задание 1**

Выявить зависимость времени на установку в патрон токарного станка и снятие детали от веса детали, который находится в диапазоне от 0,5 до 15 кг (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Исходные данные

Вес детали, кг	0,5	2,1	3,7	5,3	6,9	8,6	10,2	11,8	13,4	15,0
Время установки, мин	0,14	0,25	0,3	0,4	0,5	0,57	0,66	0,72	0,85	0,92

#### **Задание 2**

Вывести уравнение нормативной линии, используя графоаналитический метод, на основе полученных результатов обработки хронометражных наблюдений за выполнением слесарной операции по снятию заусенцев с детали. В качестве влияющего фактора принята длина кромки детали, с которой снимаются заусенцы. Данные хронометражных наблюдений представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Исходные данные

Длина кромки детали $L$ , мм	40	60	80	100	120	140	160
Время $t$ , мин	0,20	0,35	0,50	0,65	0,85	1,03	1,2

#### **Задание 3**

Вывести нормативные зависимости. Затраты рабочего времени на рихтовку плоских деталей из конструкционной стали представлены в таблице 7.3 ( $x_{1n}$  и  $x_{2n}$  равны 50 и 3 соответственно).

Отчетом является лист MS Excel, содержащий результаты работы.

Таблица 7.3 – Исходные данные

Площадь детали, см <sup>2</sup>	20	30	50	65	110	150	200	250	300
Затраты времени при толщине детали 3 мм, мин	0,49	0,58	0,82	0,96	1,74	2,07	2,9	3,36	4,2
Толщина детали, мм	1,5	2,0	3,0	4,5	5,0		7,5	9,0	10,0
Затраты времени при площади детали 50 см <sup>2</sup> , мин	0,5	0,61	0,88	0,9	1,8		1,2	1,5	1,74

## 8 Расчет норм времени при многостаночном обслуживании рабочих мест

**Цель работы:** получить технически обоснованные нормы для организации многостаночного обслуживания рабочих мест.

### Методические указания

Оперативное время для каждого станка (если оно не задано в условии, то рассчитывается по нормативам, как и при одностаночной работе)

$$T_{оп} = T_o + T_p, \quad (8.1)$$

где  $T_p$  – время выполнения многостаночником ручных работ.

Время активного наблюдения за работой оборудования

$$T_{ан} = 0,05T_o. \quad (8.2)$$

Время на подход к станку (переход). При линейном расположении обслуживания

$$T_{обх} = 2l(n - 1)0,015, \quad (8.3)$$

где  $n$  – число обслуживаемых станков;

$l$  – расстояние между смежными станками.

Время занятости рабочего при работе на одном станке

$$T_з = T_p + T_{мп} + T_{ан} + T_{обх}, \quad (8.4)$$

где  $T_{мп}$  – время выполнения многостаночником машинно-ручных работ.

При построении графика многостаночного обслуживания к оси времени должны быть привязаны в масштабе выше определенные затраты времени многостаночника, в порядке их последовательности и с учетом взаимодействия процесса в цикле.

Из графика определяется:

– длительность цикла многостаночного обслуживания

$$T_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^n T_{z_i}; \quad (8.5)$$

– машинно-свободное время, которое может быть использовано для обслуживания других станков

$$T_{\text{мс}} = T_{\text{o}} - T_{\text{мп}} - T_{\text{ан}} - T_{\text{обх}}. \quad (8.6)$$

Для обоснования целесообразности многостаночного обслуживания определяется расчетное число станков, которое может обслужить один рабочий при данных условиях труда (коэффициент для станков-дублеров  $K_{\text{д}} = 0,9$ ):

$$n = T_{\text{мс}} \cdot K_{\text{д}} / T_{\text{з}} + 1. \quad (8.7)$$

Время возможного простоя станков в цикле

$$T_{\text{пс}} = T_{\text{ц}} - T_{\text{оп}}. \quad (8.8)$$

Время возможного простоя рабочего в цикле

$$T_{\text{пр}} = T_{\text{ц}} - \sum_{i=1}^n T_{z_i}. \quad (8.9)$$

Эти данные позволяют определить коэффициент загрузки станков и рабочего на данном рабочем месте многостаночника

$$K_{\text{заг}}^{\text{с}} = \frac{n \cdot T_{\text{ц}} - T_{\text{пс}}}{n \cdot T_{\text{ц}}}; \quad (8.10)$$

$$K_{\text{заг}}^{\text{р}} = \frac{n \cdot T_{\text{з}}}{T_{\text{ц}}}. \quad (8.11)$$

Полученные данные служат обоснованием для организации многостаночного обслуживания. Их величина указывает, что при заданных условиях многостаночное обслуживание целесообразно.

Определяется норма штучного времени с учетом многостаночного обслуживания.

Оперативное время

$$T'_{\text{оп}} = T_{\text{ц}} / m, \quad (8.12)$$

где  $m$  – число деталей, обрабатываемых за цикл, шт.

Время организационного обслуживания определяется по формуле

$$T'_{\text{орг}} = \sum_{i=1}^n A_{\text{орги}} \cdot T'_{\text{оп}} / 100, \quad (8.13)$$

где  $A_{\text{орги}}$  – норма времени организационного обслуживания, % от оперативного времени.

Время технического обслуживания

$$T'_{\text{тех}} = K_n / m \cdot \sum_{i=1}^n A_{\text{тех}i} \cdot T_o / 100, \quad (8.14)$$

где  $A_{\text{тех}i}$  – время технического обслуживания рабочего места, % от времени оперативной работы при многостаночном обслуживании;

$K_n$  – коэффициент, величина которого зависит от количества обслуживаемых станков.

Время на отдых и естественные надобности

$$T'_{\text{отл}} = (A_{\text{отл}} / m) \cdot (T'_{\text{ц}} / 100) . \quad (8.15)$$

Норма штучного времени при многостаночном обслуживании

$$T'_{\text{шт}} = T'_{\text{оп}} + T'_{\text{орг}} + T'_{\text{тех}} + T'_{\text{отл}} . \quad (8.16)$$

Норма выработки для одного станка в смену

$$H_{\text{см}} = T_{\text{см}} / T'_{\text{шт}}. \quad (8.17)$$

Число станков, которые можно объединить в группу для многостаночного обслуживания:

– для станков-дублеров и станков с равной длительностью операции

$$n = \frac{T_{\text{мс}} K_{\text{д}}}{T_3} + 1; \quad (8.18)$$

– для станков с различной длительностью выполняемых операций

$$n = \frac{\sum T_{\text{мс}} K_{\text{д}}}{T_{\text{зрм}}} + 1. \quad (8.19)$$

Оперативное время

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{мс}_i} + T_{z_i}. \quad (8.20)$$

Общее время занятости рабочего при обслуживании группы станков  $T_{\text{зрм}}$ , которое будет равно сумме времени занятости рабочего по каждому из обслуживаемых станков:

$$T_{\text{зрм}} = \sum_{i=1}^n T_{z_i}. \quad (8.21)$$

Основное условие эффективной организации многостаночного рабочего места можно выразить следующим соотношением:

$$T_{\text{мс}} \geq \sum_{i=1}^{n-1} T_{z_i}. \quad (8.22)$$

Величина цикла многостаночного обслуживания рассчитывается следующим образом (при обслуживании станков-дублеров):

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{мс}_i} + T_{z_i}. \quad (8.23)$$

### ***Порядок выполнения работы***

Выполнить следующие задания.

#### **Задание 1**

В группу для многостаночного обслуживания объединены три зубошлифовальных станка (дублера), выполняющих операцию шлифовки прямозубых шестерен  $H = 80$  мм с длиной зуба 15 мм. Производство серийное. Основное (технологическое) время  $T_0 = 2,6$  мин, вспомогательное время, которое не перекрывается основным, составляет  $T_p = 0,4$  мин, а перекрываемое  $T_{\text{мр}} = 0,15$  мин. Система обслуживания станков циклическая, расположение станков линейное. Расстояние между станками (зоной работы)  $l$  составляет 6 м,  $A_{\text{орг}i} = 4,8\%$ ,  $K_n = 0,52$ ,  $A_{\text{тех}} = 2,7\%$ ,  $A_{\text{отп}} = 5\%$ .

Обосновать целесообразность группировки принятого числа станков для обслуживания одним рабочим, определить графическим и аналитическим методами время и норму выработки за смену, если на каждом станке обрабатывается две детали одновременно.

### Задание 2

Определить число специальных токарных станков-автоматов, которые можно объединить в многостаночное рабочее место, если свободное машинное время на каждом станке равно  $T_{мс} = 8,8$  мин, а время занятости на одном станке составляет  $T_3 = 1,98$  мин. Производство массовое.

### Задание 3

Определить число четырехшпиндельных сверлильных станков-автоматов, которые можно объединить в многостаночное рабочее место, при условии, что свободное машинное время одного станка  $T_{мс} = 13,14$  мин, а время занятости рабочего на одном станке  $T_3 = 1,5$  мин. Определить  $T_{ц}$ ,  $T_{пс}$  и  $T_{пр}$ , а также коэффициенты загрузки станков и рабочего. Рассчитать, как изменятся эти величины, если рабочему передать для обслуживания на один станок больше, чем это установлено расчетом. Тип производства массовый.

Отчетом является лист MS Excel, содержащий результаты работы.

## Список литературы

1 **Аттетков, А. В.** Методы оптимизации: учебное пособие / А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. – Москва: РИОР; ИНФРА-М, 2017. – 270 с.

2 **Бухалков, М. И.** Организация и нормирование труда: учебник для вузов / М. И. Бухалков. – 4 изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 380 с.

3 **Бычин, В. Б.** Организация и нормирование труда: учебное пособие / В. Б. Бычин. – Москва: ИНФРА-М, 2018. – 397 с.

4 **Бородич, С. А.** Эконометрика. Практикум: учебное пособие / С. А. Бородич. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2014. – 329 с.

## Приложение А (обязательное)

### Вопросы к защите лабораторных работ

#### Лабораторная работа № 1.

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 Что собой представляет математическая модель для решения задачи оптимального распределения работ?
- 3 Перечислите параметры моделируемого в лабораторной работе экономического объекта.
- 4 Что является решением задачи оптимального распределения работ?
- 5 Сформулируйте выводы по результатам решения задачи оптимального распределения работ по различным критериям.

#### Лабораторная работа № 2.

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 Как моделируются варианты организации работ: последовательный и параллельный способ?
- 3 Чем отличаются однокритериальные и многокритериальные задачи оптимизации?
- 4 Сформулируйте выводы по результатам решения задачи оптимального распределения работ по различным критериям в рамках каждого способа выполнения работ.
- 5 Проведите сравнительный анализ результатов по различным вариантам организации.

#### Лабораторная работа № 3.

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 В чем заключается экономический смысл основного условия эффективной организации многостаночного рабочего места?
- 3 При каком условии у многостаночника возникает свободное время?
- 4 При каком условии образуются простои оборудования на многостаночном рабочем месте?
- 5 Как интерпретируются графики многостаночного обслуживания?

#### Лабораторная работа № 4.

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 Какие существуют методы проведения хронометражных наблюдений?
- 3 Что является объектом наблюдения при хронометраже?
- 4 Опишите методику обработки данных хронометражных наблюдений.
- 5 Как получить устойчивый хронометражный ряд?
- 6 Сделайте выводы по полученным результатам.

**Лабораторная работа № 5.**

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 Какие виды потерь времени позволяет выявить фотография рабочего времени?
- 3 Как количественно оценить выявленные потери времени в результате обработки данных фотографии рабочего времени?
- 4 Чем отличаются фактический и нормативный балансы рабочего времени?
- 5 Осуществите анализ полученных результатов и сделайте выводы.

**Лабораторная работа № 6.**

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 В каком случае применяется метод моментных наблюдений?
- 3 Опишите методику проведения наблюдений изучаемым методом?
- 4 Чем отличается методика обработки данных, полученных в результате применения метода моментных наблюдений, от методики, применяемой для фотографии рабочего дня?
- 5 Сформулируйте выводы по результатам решения задачи.

**Лабораторная работа № 7.**

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 Как рассчитать количество значений факторов, определяющих нормативные зависимости затрат труда?
- 3 Как интерпретировать коэффициент  $a$  в уравнении нормативной зависимости затрат труда.
- 4 Осуществите анализ полученных результатов и сделайте выводы.

**Лабораторная работа № 8.**

- 1 Какова цель лабораторной работы?
- 2 Перечислите составляющие цикла многостаночника.
- 3 Перечислите составляющие времени занятости многостаночника.
- 4 Как определить коэффициент загрузки станков на рабочем месте многостаночника и что он показывает?
- 5 Как определить коэффициент занятости рабочего на рабочем месте многостаночника и что он показывает?
- 6 Перечислите составляющие нормы штучного времени при многостаночном обслуживании?
- 7 Как обосновать целесообразность группировки определенного числа станков для обслуживания одним рабочим?
- 8 Сформулируйте выводы по результатам решения задач.