

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна»

Е. Г. Григорьева

ВВЕДЕНИЕ В ОПТИМИЗАЦИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ

Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве практикума

Санкт-Петербург
2021

УДК 677.02(075.8)
ББК 37.23я73
Г83

Рецензенты:

доцент кафедры инженерного материаловедения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологии и дизайна *С. А. Веселова*;
доцент кафедры технологии и проектирования текстильных изделий *Г. П. Смирнов*

Григорьева Е. Г.

Г83 Введение в оптимизацию технологических процессов: учебное пособие / Е. Г. Григорьева. – Санкт-Петербург: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2021. – 26 с.

ISBN 978-5-7937-2026-7

Практикум содержит рекомендации по изучению дисциплины «Введение в оптимизацию технологических процессов» и выполнению практических работ, а также список необходимой для изучения литературы. Подробно описано содержание дисциплины, принципы решения оптимизационных задач.

Практикум разработан для студентов очной формы обучения, по направлению подготовки 29.03.02 – Технологии и проектирование текстильных изделий, профиль «Технология и конструирование трикотажных изделий».

УДК 677.02(075.8)
ББК 37.23я73

ISBN 978-5-7937-2026-7

© ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2021
© Е. Г. Григорьева, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Введение в оптимизацию технологических процессов» имеет целью дать будущим бакалаврам знания и навыки в области компьютерной оптимизации производств текстильных изделий, что позволит будущим специалистам решать любые оптимизационные задачи, повышать качество текстильных изделий, минимизировать затраты на производство и транспортировку текстильных изделий и увеличивать прибыль при выпуске изделий.

Задачами данного курса являются:

- развить у обучающихся исследовательские способности, необходимые для профессиональной деятельности;
- подготовить обучающихся к теоретической и практической деятельности по изучению технологических процессов, их моделированию и оптимизации;
- привить навыки исследования и выбора лучших технологических решений при проектировании технологических систем текстильного производства.

Курс данной дисциплины позволяет студентам самостоятельно ориентироваться в общих вопросах по оптимизации текстильных производств.

Базовыми дисциплинами для изучения курса являются «Методы и средства исследований», «Технология трикотажа».

Учебным планом предусмотрено изучение дисциплины на III курсе в следующем объеме:

- лекции – 17 ч;
- практические занятия – 34 ч;
- экзамен – 1.

В этих методических указаниях представлены примеры решения оптимизационных задач по различным проблемам текстильного производства.

Программой курса предусмотрено проведение практических занятий, на которых обучающиеся выполняют оптимизационные задачи, позволяющие решать технологические и экономические проблемы на различных предприятиях текстильной промышленности.

Результаты работ представляются в виде отчетов по лабораторным работам.

Аудиторные практические занятия основываются на четком формировании задания и поэтапном выполнении под контролем преподавателя. Самостоятельная работа предусматривает ознакомление с литературой по оптимизации технологических процессов в текстильной промышленности. Данные источники в достаточном объеме представлены в фондах библиотеки СПбГУПТД.

Программа курса построена в соответствии с требованиями Государственного стандарта высшего профессионального образования на соискание диплома бакалавра по направлению 29.03.02 – Технологии и проектирование текстильных изделий.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА

1.1. Основные понятия, применяемые в задачах оптимизации

1. Управляемые переменные $X_1, X_2, \dots, X_n$ – это переменные, значения которых можно выбирать в технологически определенном диапазоне и тем самым влиять на ход процесса (скорости вращения рабочих органов текстильных машин, доля волокна в смеси, расстояние между рабочими органами, величина крутки пряжи, температура сушки пряжи, время флокирования).

2. Неуправляемые параметры $a_1, a_2, \dots, a_n$ – это неизменные параметры процесса, значения которых известны (геометрические и статистические характеристики текстильных материалов, диаметры цилиндров текстильных машин, поверхностная плотность текстильных материалов).

3. Неопределенные факторы – это факторы, значения которых неизвестны или о которых нет информации (объем сбыта новой продукции, спрос на трикотажный джемпер нового ассортимента, засоренность хлопка нового урожая, ориентация ворса при флокировании).

4. Случайные факторы – это факторы технологического процесса, для которых неизвестны точные значения, но известен закон распределения вероятностей (линейная плотность холста, ленты, ровницы, пряжи, поверхностная плотность ткани, трикотажа).

5. Ограничения задачи оптимизации – это совокупность условий, связывающих характеристики технологического процесса и ограничивающих область изменения управляемых переменных (управляемые переменные всегда больше 0, доли компонентов в смеси в сумме равны 1, количество продукции, отправленной в магазин меньше или равно произведенной продукции).

6. Целевая функция оптимизации – это количественная мера эффективности технологического процесса (максимальная производительность, минимальная обрывность, максимальный КПВ, равномерность пряжи по линейной плотности, выход продукта, прибыль предприятия, себестоимость продукции, рентабельность производства).

7. Оптимальное решение – это набор значений управляемых переменных из области допустимых решений, который дает экстремальное значение целевой функции.

1.2. Методические указания

Результаты практических работ по дисциплине «Введение в оптимизацию технологических процессов» должны быть представлены в виде реферата. Реферат должен быть выполнен в компьютерном виде на одной стороне бумаги формата А4 через полтора межстрочных интервала с использованием шрифта *Times New Roman*, высота шрифта – 14 кегль. Расстояние от границы листа до текста слева – 30 мм, справа – 10 мм, от верхней и нижней строк текста до границы листа – 20 мм. Реферат должен иметь титульный лист, содержание,

описание выполненных лабораторных работ, список использованных источников. Описание практических работ должно включать следующее:

1. Формулировка задания.
2. Порядок выполнения работы.
3. Решение оптимизационной задачи.
4. Графический материал, выполненный в программе *Microsoft Excel*.
5. Выводы по работе.

1. Практическое занятие. Практическое применение прикладных программ для решения оптимизационных задач. 4 ч

Работа осуществляется в *Microsoft Excel* 1997–2014 гг. После запуска *Excel* на экран выводится окно с отображением рабочего листа «Лист 1». Ввод данных осуществляется в активную ячейку. В ячейку вводятся числовые данные, текстовые данные и формулы. При вводе формул строка должна начинаться с « = ». Вводить формулу можно либо непосредственно в ячейке, либо в строке формул.

Чтобы в формулу вставить функцию, надо нажать «Вставка-Функция-Мастер функций». Чтобы представить число в нужном виде, надо нажать «Формат – Ячейки – Число». В формулу можно вводить не числа, а ссылаться на адрес ячейки.

Для построения диаграмм выпуска изделий необходимо, удерживая клавишу *Ctrl*, выделить столбик с названиями изделий и столбик с выпуском изделий по месяцам, нажать кнопку «Мастер диаграмм», выбрать тип диаграммы и установить параметры диаграммы (название, подписи, легенду). Затем определить размещение диаграммы на листе – нажать клавишу «готово».

Формулы начинаются со знака «=» и заканчиваются знаком *Enter*, вместо символов *A*, *B*, *T* и т. д. нажимается соответствующая ячейка. Чтобы не вводить формулы во все ячейки, ячейка с введенной формулой растягивается вниз за правый нижний уголок. Значения в ячейках должны быть введены в числовом формате, 2 знака после запятой.

Для построения линейных и нелинейных моделей создается таблица со значениями *X* и *У*. Необходимо выделить в таблице *X* и *У*, нажать кнопку «Мастер диаграмм», выбрать точечную диаграмму, подписать оси и дать заголовок диаграммы. Нажимая на точку на диаграмме левой клавишей мыши, затем правой добавить линию тренда, выбрать тип линии (линейная, полиномиальная, степень 2–4). Нажать на линию на диаграмме левой клавишей мыши, затем правой и определить формат линии тренда (показать уравнение на диаграмме и поместить на диаграмме величину достоверности аппроксимации).

Для решения технологических задач необходимо знать формулы расчета технологических параметров текстильных полотен и производительности различного оборудования текстильной промышленности. Исходные данные технологической задачи вводятся в ячейки. В последнюю ячейку вводится формула для нахождения производительности и отображается результат вычислений.

При выполнении практических работ необходимо показать умение работать на компьютере, вникать в сущность технологических задач и получать результаты, соизмеримые с реальными данными.

Задача по выпуску текстильных изделий

Задача 1. Имеются данные по выпуску изделий по месяцам и их реализация.

Изделие	Январь	Февраль	Март	Реализация
Носки мужские	12 000	8 500	10 400	30 000
>> >> женские	9 000	9 800	3 500	21 500
>> >> детские	3 000	2 400	2 700	8 000

Найти выпуск за квартал и остаток. Построить диаграмму по итогам.

Задача 2. Имеются данные по выпуску изделий по месяцам и их реализация.

Изделие	Январь	Февраль	Март	Реализация
Куртка рабочая	4 300	5 100	1 200	10 000
Комбинезон	1 300	2 200	1 000	4 200
Кепка	3 400	2 050	1 000	6 450

Найти выпуск за квартал и остаток. Построить диаграмму по итогам.

Задача 3. Имеются данные по выпуску изделий по месяцам и их реализация.

Изделие	Январь	Февраль	Март	Реализация
Топ женский	1 250	2 180	1 470	4 400
Майка мужская	2 180	1 200	1 800	5 100
Шорты женские	840	400	200	1 400

Найти выпуск за квартал и остаток. Построить диаграмму по итогам.

Задача 4. Имеются данные по выпуску изделий по месяцам и их реализация.

Изделие	Январь	Февраль	Март	Реализация
Костюм спорт.	2 840	3 280	1 550	7 000
Футболка спорт.	3 500	2 500	1 000	6 350
Брюки спорт.	3 900	3 600	4 000	9 800

Найти выпуск за квартал и остаток. Построить диаграмму по итогам.

Задача 5. Имеются данные по выпуску изделий по месяцам и их реализация.

Изделие	Январь	Февраль	Март	Реализация
Пальто женское	6 520	5 400	3 200	15 000
Куртка женская	1 250	2 800	2 000	5 480
Куртка мужская	2 600	2 850	1 740	6 700

Найти выпуск за квартал и остаток. Построить диаграмму по итогам.

Задачи по определению статистических параметров пряжи

В текстильной промышленности для контроля выходных продуктов (холст, лента, ровница, пряжа) необходимо проверять технологические параметры и свойства и их отклонение от среднего. Это делается для получения пряжи высокого качества. Обычно измеряются линейная плотность, разрывная нагрузка продукта, крутка пряжи, коэффициент вариации по линейной плотности, коэффициент вариации по разрывной нагрузке и коэффициент вариации по крутке. Линейная плотность пряжи определяется по формуле

$$T = m/l,$$

где m – масса пряжи, мг; l – длина пряжи, м.

Среднее значение указывает центр распределения случайных величин, около которого группируется большая его часть.

Дисперсия указывает средний квадрат отклонений отдельных результатов от среднего значения.

Среднее квадратическое отклонение указывает разброс результатов отдельных измерений вокруг среднего значения.

Коэффициент вариации – это относительная характеристика рассеивания случайной величины.

1. В испытательной лаборатории взвешены отрезки х.-б. пряжи длиной 500 мм: 26,1; 25,8; 23,8; 24; 24,5; 22,5; 23; 23,8; 23,5; 25 мг. Определить среднюю линейную плотность пряжи, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации по линейной плотности.

2. В испытательной лаборатории взвешены отрезки полушерстяной пряжи длиной 500 мм: 32,5; 30,4; 38,6; 34,1; 33,3; 32,0; 35,2; 36,9; 37; 30 мг. Определить среднюю линейную плотность пряжи, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации по линейной плотности.

3. В испытательной лаборатории взвешены отрезки х.-б. пряжи длиной 500 мм: 7,1; 6,9; 7,5; 8,0; 6,7; 6,6; 7,4; 7,5; 7,5; 7,9 мг. Определить среднюю линейную плотность пряжи, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации по линейной плотности.

4. В испытательной лаборатории взвешены отрезки х.-б. пряжи длиной 500 мм: 9,3; 9,9; 10,2; 8,7; 8,8; 10,0; 9,9; 9,5; 9,5; 10 мг. Определить среднюю линейную плотность пряжи, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации по линейной плотности.

5. В испытательной лаборатории определена разрывная нагрузка полушерстяной пряжи линейной плотности 65 текс: 750; 780; 1000; 950; 980; 870; 800; 820; 900; 910 сН. Найти относительную разрывную нагрузку P_0 (сН/текс), среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации по разрывной нагрузке.

2. Практическое занятие. Аппроксимация функций как метод получения оптимальных математических моделей. Линейная и нелинейная аппроксимация

Аппроксимация – научный метод, основанный на замене одних объектов другими, более простыми.

Вид линейной модели: $Y = aX + b$.

Используется метод наименьших квадратов. Сущность метода заключается в том, что сумма квадратов остатков должна стремиться к минимуму:

$$\sum_{i=1}^n (\Delta Y_i)^2 \longrightarrow \min.$$

Для расчета коэффициентов используются формулы

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \times \sum_{i=1}^n Y_i - n \sum_{i=1}^n X_i Y_i}{\left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 - n \sum_{i=1}^n X_i^2},$$

$$b = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n Y_i - a \sum_{i=1}^n X_i \right).$$

Задача по линейной аппроксимации

В результате проведения эксперимента по определению коэффициента сопротивления движению полипропиленовой мононити диаметром 0,2 мм по язычковой игле в зависимости от угла охвата крючка иглы получены следующие результаты:

X	α	90	110	130	150
Y_1	$K_{\text{обыч}}$	4,2	5,9	8,4	10,8
Y_2	$K_{\text{замасл}}$	2,4	3,6	4,5	5,2

В эксперименте участвуют обычная и замасленная мононити.

Найти зависимость угла охвата нити от коэффициента сопротивления, построить график зависимости.

РЕШЕНИЕ

1. Выделить в таблице X , Y_1 и Y_2 .

2. Нажать: «вставка – диаграмма – точечная».

Имя: линейная модель.

Ось X : угол охвата.

Ось Y : коэффициент сопротивления.

3. В меню ДИАГРАММА выбрать: «Добавить линию тренда» или щелкнуть правой кнопкой по точке на графике.

Тип: линейная.

4. На вкладке «Тип линии тренда» выбрать – линейная.

5. На вкладке «Параметры линии тренда» выбрать:

– показать уравнение на диаграмме;

– поместить на диаграмме величину достоверности аппроксимации.

6. Аналогично для линии тренда по другим данным.

7. Сформулировать выводы по работе.

Вид компьютерного окна представлен на *рис. 1*.

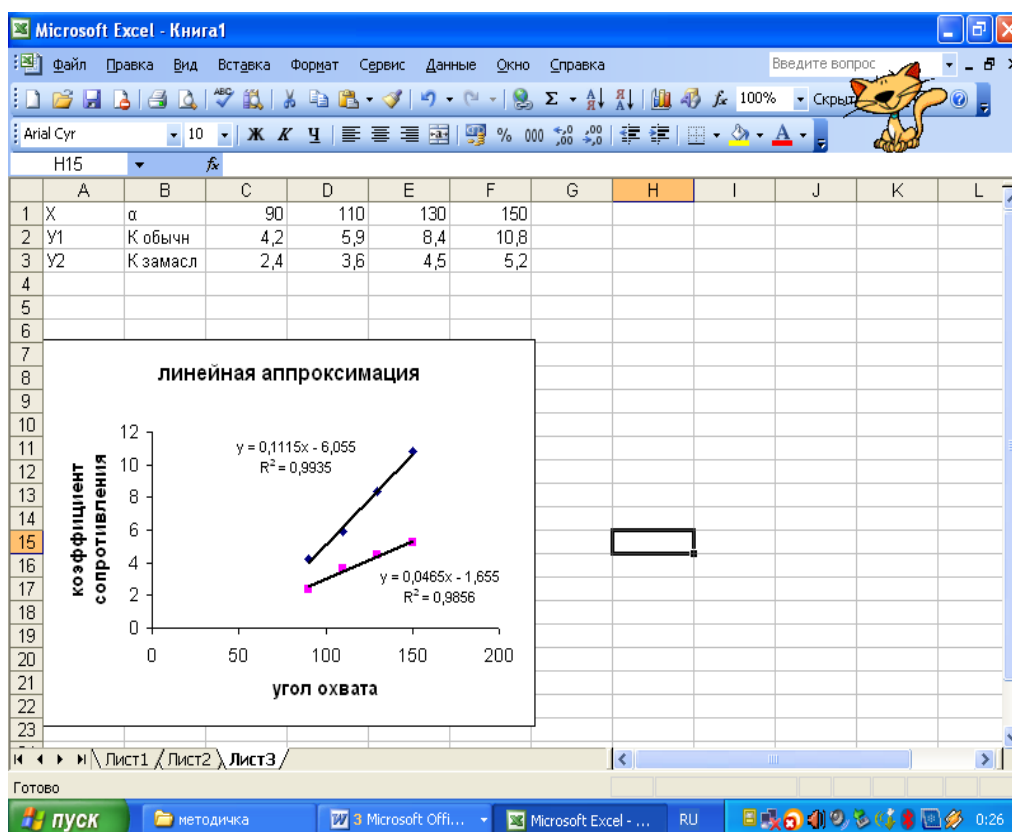


Рис. 1. Вид компьютерного окна

Задачи по нелинейной аппроксимации

Построить нелинейную регрессионную модель для комбинированного трикотажа линейной плотности 300 текс, если поверхностная плотность равна 700, 680, 650, 600, 630, 660, г/м² при петельной группировке, равной соответственно 4, 7, 10, 16, 22, 25.

РЕШЕНИЕ

X	4	7	10	16	22	25
Y	700	680	650	600	630	660

1. Выделить в таблице X и Y.

2. Нажать: «вставка – диаграмма – точечная».

Имя: нелинейная модель.

Ось X: петельная группировка.

Ось Y: поверхностная плотность.

3. Нажать на точку на диаграмме левой клавишей мыши, затем правой.

Выбрать: «Добавить линию тренда».

Тип: полиномиальная, степень 2-4.

4. Нажать на линию на диаграмме левой клавишей мыши, затем правой: «Формат линии тренда». Показать уравнение на диаграмме и поместить на диаграмме величину достоверности аппроксимации.

Вид компьютерного окна представлен на *рис. 2*.

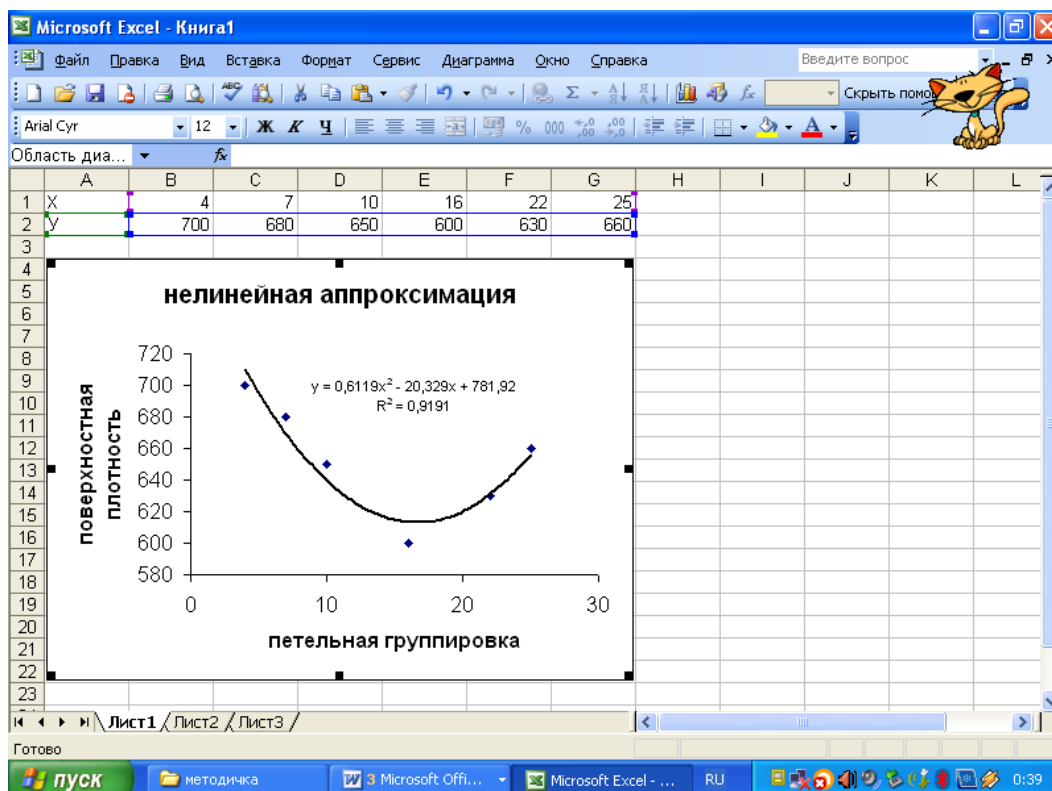


Рис. 2. Вид компьютерного окна

Задания

1. Построить нелинейную регрессионную модель для комбинированного трикотажа линейной плотности 250 текс, если петельный шаг 4,55; 4,67; 4,24; 5,1; 5,0; 4,9 г/м² при петельной группировке, соответственно равной 4, 7, 10, 16, 22, 25.
2. Построить нелинейную регрессионную модель для комбинированного трикотажа линейной плотности 250 текс, если поверхностная плотность 418; 383; 400; 354; 362; 416 г/м² при петельной группировке, соответственно равной 4, 7, 10, 16, 22, 25.
3. Построить нелинейную регрессионную модель для комбинированного трикотажа линейной плотности 312,5 текс, если поверхностная плотность 451; 491; 344; 490; 534; 574 г/м² при петельной группировке, соответственно равной 4, 7, 10, 16, 22, 25.
4. Построить нелинейную регрессионную модель для комбинированного трикотажа линейной плотности 312,5 текс, если поверхностная плотность 616; 496; 416; 512; 534; 574 г/м² при петельной группировке, соответственно равной 4, 7, 10, 16, 22, 25.
5. Построить нелинейную регрессионную модель для комбинированного трикотажа линейной плотности 312,5 текс, если поверхностная плотность 542; 505; 535; 448; 470; 537 г/м² при петельной группировке соответственно равной 4, 7, 10, 16, 22, 25.

3. Практическое занятие. Методы поиска экстремума функций. 2 ч

Задача по определению оптимального ассортимента текстильного предприятия

Малое предприятие выпускает шапки трех видов. Для изготовления одной шапки стоимостью 200 у. е. надо 90 г черной пряжи, 30 г белой пряжи, 0,2 м прикладных материалов, 20 г шелковых нитей для вышивания и 1 чел.-ч рабочего времени. Для изготовления второй шапки стоимостью 150 у. е. надо 50 г белой пряжи, 50 г черной пряжи, 0,1 м прикладных материалов, 30 г шелковых нитей для вышивания и 0,8 чел.-ч рабочего времени. Для изготовления третьих шапок стоимостью 180 у. е. надо 40 г черной пряжи, 70 г белой пряжи, 0,2 м прикладных материалов, 10 г шелковых нитей для вышивания и 0,9 чел.-ч рабочего времени.

Малое предприятие располагает 500 кг черной пряжи, 500 кг белой пряжи, 950 м прикладных материалов, 100 кг шелковых нитей и 4 500 чел.-ч рабочего времени. Какие изделия, и в каком количестве надо выпустить, чтобы прибыль была максимальной, если предприятие выпускает не более 7 000 изделий? Предприятие не может выпускать более 3 000 шапок одного вида.

РЕШЕНИЕ

1. Управляемые переменные:

X – выпуск в штуках шапок артикул 1 за сутки;

Y – выпуск в штуках шапок артикул 2 за сутки;

G – выпуск в штуках шапок артикул 3 за сутки.

2. Целевая функция оптимизации $Z(X, Y, G) – \max$.

$$200X + 150Y + 180G = \max.$$

3. Ограничения:

$X \geq 0$, X – целое число, $Y \geq 0$, Y – целое число, $G \geq 0$, G – целое число.

По количеству черной пряжи:

$$0,09X + 0,05Y + 0,04 G \leq 500.$$

По количеству белой пряжи:

$$0,03X + 0,05Y + 0,07 G \leq 500.$$

По количеству прикладных материалов:

$$0,2X + 0,1Y + 0,2 G \leq 950.$$

По количеству шелковых нитей:

$$0,02X + 0,03Y + 0,01 G \leq 100.$$

По количеству чел.-ч:

$$1X + 0,8Y + 0,9 G \leq 4 500.$$

По возможностям производства:

$$X + Y + G \leq 7 000,$$

$$X \leq 3 000, Y \leq 3 000, G \leq 3 000.$$

4. Математическая модель:

$$X \geq 0, Y \geq 0, G \geq 0,$$

$$0,09X + 0,05Y + 0,04 G \leq 500,$$

$$0,03X + 0,05Y + 0,07 G \leq 500,$$

$$0,2X + 0,1Y + 0,2 G \leq 950,$$

$$1X + 0,8Y + 0,9G \leq 4\,500,$$

$$X + Y + G \leq 7\,000.$$

Найти $Z(X, Y, G) = 200X + 150Y + 180G = \max$.

ПОРЯДОК ДЕЙСТВИЙ

1. Выделить ячейку В13.

2. Сервис – Поиск решения.

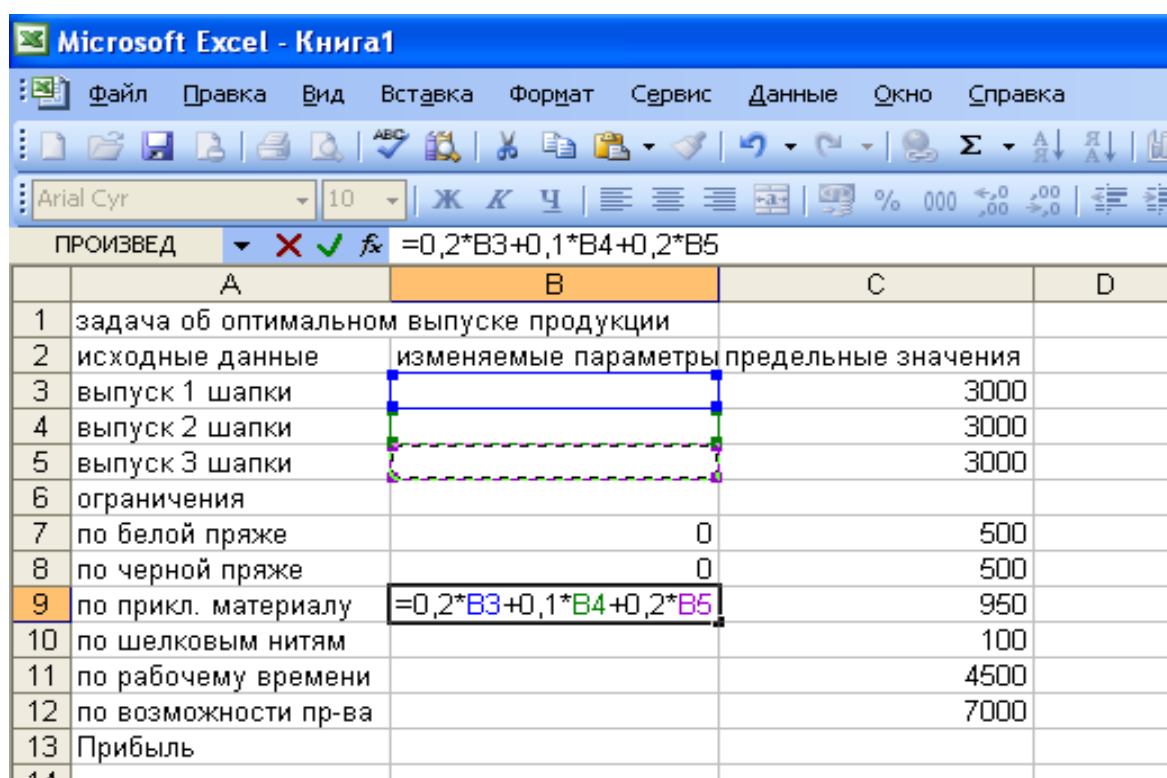
3. Выбрать: «Функция равна максимальному значению».

4. В «Изменяя ячейки» указать диапазон ячеек, которые должны изменяться. У нас это В3 – В5.

5. ДОБАВИТЬ – добавление ограничений.

6. Ввести первое ограничение.

Вид компьютерного окна представлен на *рис. 3*.



	А	В	С	Д
1	задача об оптимальном выпуске продукции			
2	исходные данные	изменяемые параметры	предельные значения	
3	выпуск 1 шапки		3000	
4	выпуск 2 шапки		3000	
5	выпуск 3 шапки		3000	
6	ограничения			
7	по белой пряже	0	500	
8	по черной пряже	0	500	
9	по прикл. материалу	=0,2*B3+0,1*B4+0,2*B5	950	
10	по шелковым нитям		100	
11	по рабочему времени		4500	
12	по возможности пр-ва		7000	
13	Прибыль			
14				

Рис. 3. Вид компьютерного окна

Находясь в поле ссылка на ячейку, указать диапазон, нажать ТАВ, выбрать «≤», «≥» или «0».

7. Щелкнуть ДОБАВИТЬ – ввести все ограничения.

8. После ввода последнего ограничения нажать «ОК».

9. Нажать ВЫПОЛНИТЬ.

10. Затем СОХРАНИТЬ НАЙДЕННОЕ РЕШЕНИЕ – «ОК».

В таблице будут указаны все значения и прибыль.

Вид компьютерного окна представлен на *рис. 4*.

Microsoft Excel - Книга1

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Arial Cyr 10 Ж К Ч

В13 fx =200*B3+150*B4+180*B5

	A	B	C	D
1	задача об оптимальном выпуске продукции			
2	исходные данные	изменяемые параметры	предельные значения	
3	выпуск 1 шапки	2880	3000	
4	выпуск 2 шапки	0	3000	
5	выпуск 3 шапки	1800	3000	
6	ограничения			
7	по белой пряже	212,4	500	
8	по черной пряже	331,2	500	
9	по прикл. материалу	936	950	
10	по шелковым нитям	75,6	100	
11	по рабочему времени	4500	4500	
12	по возможности пр-ва	4680	7000	
13	Прибыль	900000		
14				

Рис. 4. Вид компьютерного окна

Задания

1. Фабрика выпускает спортивную форму. На изготовление комплекта хоккейной формы стоимостью 1 800 у. е. идет 2,8 м² трикотажного полотна, 2,4 м² прикладного материала и 1,9 чел.-ч рабочего времени. На изготовление комплекта футбольной формы стоимостью 1 200 у.е. идет 2,2 м² трикотажного полотна, 1 м² прикладного материала и 1,3 чел.-ч рабочего времени. На изготовление комплекта баскетбольной формы стоимостью 1 100 у. е. идет 2 м² трикотажного полотна, 1,1 м² прикладных материалов и 1,1 чел.-ч рабочего времени. Фабрика располагает 1 500 м² трикотажного полотна, 1 300 м² прикладных материалов и 780 чел.-ч рабочего времени.

Какие изделия и в каком количестве надо выпускать, чтобы стоимость товарной продукции была максимальной, если фабрика не может выпускать более 1 000 изделий?

2. Швейная фабрика выпускает костюмы. Для изготовления 1 костюма (жакет и брюки) стоимостью 1 800 у. е. необходимо 4,3 м ткани, 1,9 м подкладочной ткани и 1,8 чел.-ч рабочего времени. Для изготовления 2 костюма (жакет и юбка) стоимостью 1 300 у. е. необходимо 3,9 м ткани, 1,1 м подкладочной ткани и 1,5 чел.-ч рабочего времени.

Фабрика располагает следующими ресурсами: 1 400 м ткани, 500 м подкладочной ткани, 120 м отделочной ткани и 680 чел.-ч рабочего времени.

Какие изделия и в каком количестве надо выпускать, чтобы стоимость товарной продукции была максимальной, если фабрика не может выпускать более 600 изделий?

3. Кожгалантерейная фабрика производит женские сумки и рюкзаки. Женская сумка стоит 1 200 у. е., на нее идет 0,8 м² кожи, 0,6 м² прикладных материалов и 0,5 ч час рабочего времени. Рюкзак стоит 1 600 у. е., на него идет 1,1 м² кожи, 0,8 м² прикладных материалов и 0,65 чел.-ч рабочего времени. На фабрике есть 2 000 м² кожи, 1 700 м² прикладных материалов и 1 000 чел.-ч рабочего времени.

Какие изделия и в каком количестве надо выпускать, чтобы стоимость товарной продукции была максимальной, если фабрика не может выпускать более 2 000 сумок?

4. Малое предприятие выпускает панталоны, рейтузы и свитера. Панталоны стоят 80 у. е., весят 120 г и требуют 0,2 чел.-ч рабочего времени. Рейтузы стоят 120 у. е., весят 300 г и требуют 0,4 чел.-ч рабочего времени. Свитера стоят 300 у. е., весят 400 г и требуют 0,6 чел.-ч рабочего времени. Предприятие имеет 1 850 кг пряжи и резерв времени 2 600 чел.-ч. Предприятие не может выпускать более 6 000 штук. По плану выпуск панталон и рейтуз в сумме не должен быть менее 1 500 штук.

Какие изделия и в каком количестве надо выпускать, чтобы стоимость товарной продукции была максимальной?

4. Практическое занятие. Численные методы определения оптимума в задачах безусловной одномерной оптимизации (метод половинного деления, метод «золотого сечения», метод использования производной целевой функции, метод Фибоначчи). 6 ч

Метод половинного деления – один из методов решения нелинейных уравнений и основан на последовательном сужении интервала, содержащего единственное решение уравнения. Итерационный процесс выполняется до того момента, пока не будет достигнута заданная точность.

Пусть дано уравнение $F(X) = (100-X)^2$ и определен отрезок $[A, B]$. По концам заданного отрезка функция имеет значения, противоположные по знаку. Противоположность знаков значений функции на концах отрезка можно определить множеством способов. Процедура уточнения положения решения заключается в построении последовательности вложенных друг в друга отрезков, каждый из которых содержит решение уравнения. Для этого находится середина текущего интервала неопределенности и в качестве следующего интервала неопределенности из двух возможных выбирается тот, на концах которого функция $F(X)$ имеет разные знаки.

Процесс завершается, когда длина текущего интервала неопределенности становится меньше заданной величины точности нахождения решения. В качестве приближенного значения решения берется середина последнего интервала неопределенности.

Задание

Найти точку минимума с точностью $\varepsilon = 1$ функции $F(X) = (100-X)^2$, используя метод деления интервала пополам при изменении аргумента.

$60 \leq X \leq 150$ с точностью $\varepsilon = 1$.

Поиск 1. Шаг 1. $A = 60, B = 150$.

$X_m = (60 + 150)/2 = 105$.

$$F(X_m) = (100-105)^2=25$$

$$\text{Шаг 2. } X_1=A + ((B-A)/4) = 60 +((150-60)/4) =82,5.$$

$$X_2=B- ((B-A)/4) = 150 - ((150-60)/4) =127,5.$$

$$F(X_1) = (100 - 82,5)^2 = 306,3.$$

$$F(X_2) = (100 - 127,5)^2 = 756,3.$$

$$\text{Шаг 3. Сравнить } F(X_1) \text{ и } F(X_m) : 306,3 \geq 25.$$

$$\text{Шаг 4. Сравнить } F(X_2) \text{ и } F(X_m) : 756,3 \geq 25.$$

Исключаем интервалы [60; 82,5] и [127,5; 150].

$$\text{Теперь } A = X_1 = 82,5. B = X_2 = 127,5.$$

$$X_m = 105.$$

$$\text{Поиск 2. Шаг 2. } X_1 = A + ((B - A)/4) = 82,5 + ((127,5 - 82,5)/4) = 93,8.$$

$$X_2 = B - ((B - A)/4) = 127,5 - ((127,5 - 82,5)/4) = 115,8.$$

$$F(X_1) = (100 - 93,8)^2 = 39,1.$$

$$F(X_2) = (100 - 115,8)^2 = 248,1.$$

$$\text{Шаг 3. Сравнить } F(X_1) \text{ и } F(X_m) : 39,1 \geq 25.$$

$$\text{Шаг 4. Сравнить } F(X_2) \text{ и } F(X_m) : 248,1 \geq 25.$$

Исключаем интервалы [82,5; 93,8] и [115,8; 127,5].

$$\text{Теперь } A = X_1 = 93,8. B = X_2 = 115,8.$$

$$X_m = 105.$$

$$\text{Поиск 3. Шаг 2. } X_1 = A + ((B - A)/4) = 93,8 + ((115,8 - 93,8)/4) = 99,3.$$

$$X_2 = B - ((B - A)/4) = 115,8 - ((115,8 - 93,8)/4) = 110,3.$$

$$F(X_1) = (100 - 99,3)^2 = 0,6.$$

$$F(X_2) = (100 - 110,3)^2 = 105,1.$$

$$\text{Шаг 3. Сравнить } F(X_1) \text{ и } F(X_m) : 0,6 \leq 25.$$

$$\text{Шаг 4. Сравнить } F(X_2) \text{ и } F(X_m) : 105,1 \geq 25.$$

Исключаем интервалы [93,8; 99,3] и [105; 115,8].

$$\text{Теперь } A = X_1 = 99,3. B = X_m = 105.$$

$$\text{Поиск 4. } X_m = (99,3 + 105)/2 = 102,1.$$

$$F(X_m) = (100 - 102,1)^2 = 4,5.$$

$$\text{Шаг 2. } X_1 = A + ((B - A)/4) = 99,3 + ((105 - 99,3)/4) = 100,7.$$

$$X_2 = B - ((B - A)/4) = 105 - ((105 - 99,3)/4) = 103,6.$$

$$F(X_1) = (100 - 100,7)^2 = 0,48.$$

$$F(X_2) = (100 - 103,6)^2 = 12,7.$$

$$\text{Шаг 3. Сравнить } F(X_1) \text{ и } F(X_m) : 0,48 \leq 4,5.$$

$$\text{Шаг 4. Сравнить } F(X_2) \text{ и } F(X_m) : 12,7 \geq 4,5.$$

Исключаем интервалы [99,3; 100,7] и [102,1; 105].

$$\text{Теперь } A = X_1 = 100,7. B = X_m = 102,1.$$

$$\text{Поиск 5. } X_m = (100,7 + 102,1)/2 = 101,4.$$

$$F(X_m) = (100 - 101,4)^2 = 2.$$

$$\text{Шаг 2. } X_1 = A + ((B - A)/4) = 100,7 + ((102,1 - 100,7)/4) = 101.$$

$$X_2 = B - ((B - A)/4) = 102,1 - ((102,1 - 100,7)/4) = 101,8.$$

$$F(X_1) = (100 - 101)^2 = 1,1.$$

$$F(X_2) = (100 - 101,8)^2 = 3,1.$$

$$\text{Шаг 3. Сравнить } F(X_1) \text{ и } F(X_m) : 1,1 \leq 2.$$

$$\text{Шаг 4. Сравнить } F(X_2) \text{ и } F(X_m) : 3,1 \geq 2.$$

Исключаем интервалы $[100,7; 101]$ и $[101,8; 102,1]$.

$\varepsilon = B - A = 101,8 - 101 = 0,8 \leq 1$.

Можно закончить поиск. Точка X_{min} находится в пределах интервала $[101; 101,8]$.

Задания

Найти точку минимума функции $F(X) = (10 - X)^2$, используя метод деления интервала пополам при изменении аргумента $8 \leq X \leq 20$ с точностью $\varepsilon = 0,5$.

Найти точку минимума функции $F(X) = (20 - X)^2$, используя метод деления интервала пополам при изменении аргумента $6 \leq X \leq 40$ с точностью $\varepsilon = 0,5$.

Найти точку минимума функции $F(X) = (25 - X)^2$, используя метод деления интервала пополам при изменении аргумента $5 \leq X \leq 50$ с точностью $\varepsilon = 1$.

Найти точку минимума функции $F(X) = (30 - X)^2$, используя метод деления интервала пополам при изменении аргумента $10 \leq X \leq 70$ с точностью $\varepsilon = 1$.

Найти точку минимума с точностью $\varepsilon = 1$ функции $F(X) = (35 - X)^2$, используя метод деления интервала пополам при изменении аргумента $10 \leq X \leq 80$ с точностью $\varepsilon = 0,5$.

5. Практическое занятие. Решение задач условной многомерной оптимизации. 6 ч

Методы последовательной безусловной оптимизации предназначены для решения многомерной задачи локальной условной оптимизации. Основная идея методов состоит в преобразовании задачи условной оптимизации к последовательности задач безусловной оптимизации. Суть методов состоит в сведении задачи поиска локального минимума функции $f(x)$, определенной на множестве D n -мерного арифметического пространства, к решению последовательности вспомогательных задач поиска локального минимума функции $f(x) + P(\alpha, x)$, определенной на всем n -мерном арифметическом пространстве. Здесь $P(\alpha, x)$ – функции, которые возрастают вблизи границ области допустимых значений D и тем быстрее, чем больше значение скалярного параметра α . В качестве приближенного решения исходной задачи условной оптимизации принимается решение вспомогательной задачи безусловной оптимизации при достаточно большом значении параметра α .

6. Практическое занятие. Линейное программирование (аналитические и геометрические методы решения задач). 2 ч

При решении задач линейного программирования предусматривают следующие этапы: выбор критериев оптимальности, получение необходимых исходных данных для решения задачи, моделирование задачи по ее условию, выбор рациональной расчетной схемы или алгоритма для решения задачи, решение задачи с помощью компьютера, анализ полученных данных.

Постановка задачи линейного программирования заключается в определении переменных $X_1, X_2, \dots, X_n$, которые удовлетворяют системе уравнений, являются неотрицательными и дают наибольшее (или наименьшее) значение целевой функции.

Существуют два способа решения задач линейного программирования: графо-аналитический и симплексный.

Задание. Минимизировать целевую функцию $F(X) = 2X_1 + X_2 = 10$ при ограничениях $X_1 \leq 10$, $X_2 \leq 6$, $8X_1 + 12X_2 \geq 100$.

Решение. На осях X_1 и X_2 строятся графики по уравнениям ограничений, находится область допустимых решений на пересечении графиков. Затем строится график по уравнению целевой функции и находится точка первого пересечения целевой функции с областью допустимых значений.

7. Практическое занятие. Решение оптимизационных задач по выпуску текстильных изделий, определению технологических параметров текстильных полотен. 2 ч

В этих задачах необходимо определить технологические параметры трикотажа: петельный шаг, высоту петельного ряда, плотность по горизонтали и вертикали, длину нити в петле, поверхностную плотность трикотажа и найти оптимальные параметры при заданном интервале поверхностной плотности.

Задача по определению технологических параметров трикотажа

Определить заправочные параметры трикотажного полотна из хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 10; 11,8 и 14,3 текс при поверхностной плотности 35 – 40 г/м² и петельном шаге 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9 и 2 мм.

Формулы для определения технологических параметров трикотажа

$$d = 0,0399 \sqrt{T},$$

где T – линейная плотность пряжи, текс;

d – расчетный диаметр нити, мм.

$$B = 0,8 A,$$

где A – петельный шаг трикотажа, мм.

$$L_n = 1,57 A + 2 B + \pi d,$$

где B – высота петельного ряда;

L_n – длина нити в петле, мм.

$$\rho_s = (L_n T)/(A B),$$

где ρ_s – поверхностная плотность трикотажа.

Формулы начинаются со знака « = » и заканчиваются знаком *Enter*, вместо символов A , B , T и т. д. нажимается соответствующая ячейка. Чтобы не вводить формулы во все ячейки, ячейка с введенной формулой растягивается вниз за правый нижний уголок. Значения в ячейках должны быть введены в числовом формате, 2 знака после запятой.

Когда в таблице посчитаны все значения, из последней графы таблицы **выбираются данные**, которые соответствуют **интервалу поверхностной плотности** в задании. Эти значения выделяются **жирно** или цветом.

Вид компьютерного окна представлен на *рис. 5*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	T, текс	$\sqrt{T}$	d, мм	A, мм	B, мм	ξ_n , мм	ρ_s , г/м ²					
2	8	2,83	0,11	1,1	0,88	3,84	31,75					
3	8	2,83	0,11	1,2	0,96	4,16	28,88					
4	8	2,83	0,11	1,3	1,04	4,48	26,48					
5	8	2,83	0,11	1,4	1,12	4,79	24,45					
6	8	2,83	0,11	1,5	1,2	5,11	22,71					
7	8	2,83	0,11	1,6	1,28	5,43	21,20					
8	8	2,83	0,11	1,7	1,36	5,74	19,87					
9	8	2,83	0,11	1,8	1,44	6,06	18,70					
10	8	2,83	0,11	1,9	1,52	6,38	17,67					
11	8	2,83	0,11	2	1,6	6,69	16,74					
12	10	3,16	0,13	1,1	0,88	3,88	40,12					
13	10	3,16	0,13	1,2	0,96	4,20	36,46					
14	10	3,16	0,13	1,3	1,04	4,52	33,41					
15	10	3,16	0,13	1,4	1,12	4,83	30,83					
16	10	3,16	0,13	1,5	1,2	5,15	28,62					
17	10	3,16	0,13	1,6	1,28	5,47	26,70					
18	10	3,16	0,13	1,7	1,36	5,79	25,02					
19	10	3,16	0,13	1,8	1,44	6,10	23,54					
20	10	3,16	0,13	1,9	1,52	6,42	22,23					
21	10	3,16	0,13	2	1,6	6,74	21,05					
22	12	3,46	0,14	1,1	0,88	3,92	48,61					
23	12	3,46	0,14	1,2	0,96	4,24	44,15					

Рис. 5. Вид компьютерного окна

Задания

1. Определить заправочные параметры трикотажного полотна из х.-б. пряжи линейной плотности 10; 11,8 и 14,3 текс при поверхностной плотности 35–40 г/м² и петельном шаге 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9 и 2 мм.

2. Определить заправочные параметры трикотажного полотна из х.-б. пряжи линейной плотности 15; 16,5 и 18,5 текс при поверхностной плотности 50–65 г/м² и петельном шаге 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9 и 2 мм.

3. Определить заправочные параметры трикотажного полотна из х.-б. пряжи линейной плотности 20; 22 и 25 текс при поверхностной плотности 70–90 г/м² и петельном шаге 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9 и 2 мм.

4. Определить заправочные параметры трикотажного полотна из х.-б. пряжи линейной плотности 29,4; 34 и 50 текс при поверхностной плотности 80–95 г/м² и петельном шаге 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9 и 2 мм.

5. Определить заправочные параметры трикотажного полотна из х.-б. пряжи линейной плотности 56; 72 и 84 текс при поверхностной плотности 200–250 г/м² и петельном шаге 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9 и 2 мм.

8. Практическое занятие. Решение оптимизационных задач по определению количества работающих на текстильном предприятии. 2 ч

Задача оптимизации количества работников на предприятии

Начальнику трикотажного цеха необходимо определить оптимальное число вязальщиц, работающих в дневную, вечернюю и ночную смены на неделю. При этом следует принять во внимание следующие обстоятельства: часть вязальщиц могут работать только в дневную смену; зоны обслуживания у

вязальщиц различны в разные смены; необходимо безусловное выполнение недельного плана выпуска трикотажного полотна; оплата труда вязальщиц в разные смены различна; недопустим перерасход фонда зарплаты по цеху. Определить оптимальное число вязальщиц, работающих в каждую смену, так, чтобы выпуск полотна был наибольшим. Условие задачи представлены в таблице.

Параметр	Значение
Общее число всех вязальщиц в цехе N , чел.	30
Число вязальщиц, работающих только в дневную смену a , чел.	7
Общее число всех трикотажных машин в цехе S , шт.	100
Зона обслуживания в дневную смену c_1 , ед. оборудования	8
Зона обслуживания в вечернюю смену c_2 , ед. оборудования	7
Зона обслуживания в ночную смену c_3 , ед. оборудования	6
Часовая выработка 1 машины в дневную смену v_1 , кг/ч	4
Часовая выработка 1 машины в вечернюю смену v_2 , кг/ч	3,5
Часовая выработка 1 машины в ночную смену v_3 , кг/ч	3
Цеховой фонд заработной платы, тыс. руб.	210
Оплата труда за 1 кг трикотажа в дневную смену, руб./кг	30
Оплата труда за 1 кг трикотажа в вечернюю смену, руб./кг	32
Оплата труда за 1 кг трикотажа в ночную смену, руб./кг	35

Управляемые переменные:

X_1, X_2, X_3 – число вязальщиц, работающих в дневную, вечернюю и ночную смены соответственно.

S_1, S_2, S_3 – число трикотажных машин, работающих в дневную, вечернюю и ночную смены.

C_1, C_2, C_3 – зоны обслуживания в дневную, вечернюю и ночную смены.

V_1, V_2, V_3 – выработка одной машины в дневную, вечернюю и ночную смену, пог. м в час.

Z_1, Z_2, Z_3 – оплата труда за 1 м трикотажа в дневную, вечернюю и ночную смены. Расход заработной платы за неделю:

$$Z = 8 \times 5 \times Z_1 \times V_1 \times X_1 + 8 \times 5 \times Z_2 \times V_2 \times X_2 + 8 \times 5 \times Z_3 \times V_3 \times X_3.$$

Целевая функция – объем выпускаемой продукции за неделю

$$B = 8 \times 5 \times C_1 \times V_1 \times X_1 + 8 \times 5 \times C_2 \times V_2 \times X_2 + 8 \times 5 \times C_3 \times V_3 \times X_3 \rightarrow \max.$$

8 – количество часов в смене.

5 – количество рабочих дней в неделе.

Ограничения:

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq N, \quad X_1 \geq a, \quad X_2 \geq 0, \quad X_3 \geq 0,$$

$$X_1, X_2, X_3 - \text{целое число}, \quad X_1 \leq S / C_1, \quad X_2 \leq S / C_2, \quad X_3 \leq S / C_3.$$

По расходу зарплаты:

$$8 \times 5 \times Z_1 \times V_1 \times X_1 + 8 \times 5 \times Z_2 \times V_2 \times X_2 + 8 \times 5 \times Z_3 \times V_3 \times X_3 \leq Z.$$

$$S_1, S_2, S_3 - \text{целые числа}, \quad S_1 \geq 0, \quad S_2 \geq 0, \quad S_3 \geq 0.$$

№ п/п	A	B	C	Д	Е
1		Дневная	Вечерняя	Ночная	Предел
2	Число ткачих				
3	Число станков S				
4	Зарплата в смену				
5	Объем продукции				
6	Зона обслуживания С				
7	Часовая выработка V				
8	Оплата труда Z				
9	Ограничения				
10	По числу ткачих	$=B2 + C2 + D2$			N
11	По фонду зарплаты	$=8.5 \cdot B7 \cdot B8 \cdot B2 + 8.5 \cdot C7 \cdot C8 \cdot C2 + 8.5 \cdot D7 \cdot D8 \cdot D2$			Z
12	Выпуск продукции	$=8.5 \cdot B6 \cdot B7 \cdot B2 + 8.5 \cdot C6 \cdot C7 \cdot C2 + 8.5 \cdot D6 \cdot D7 \cdot D2$			

Вид компьютерного окна представлен на *рис. 6.*

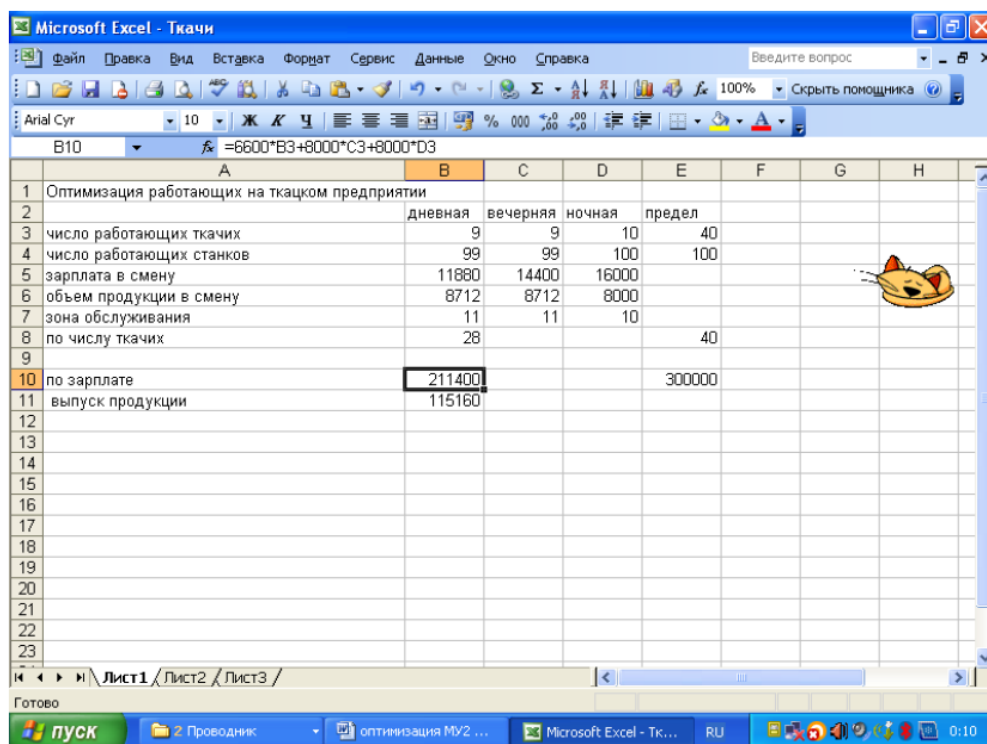


Рис. 6. Вид компьютерного окна

ПОРЯДОК ДЕЙСТВИЙ

Выделить ячейку *B12*.

Сервис – Поиск решения.

- функция равна максимальному значению.

В поле «Изменяя ячейки» указать диапазон ячеек, которые должны изменяться. У нас это *B2 – C2 – D2*.

ДОБАВИТЬ – добавление ограничений.

Нажать – ВЫПОЛНИТЬ.

СОХРАНИТЬ НАЙДЕННОЕ РЕШЕНИЕ – ОК.

В таблице будут указаны все значения и прибыль.

9. Практическое занятие. Решение оптимизационных задач по решению транспортных потоков на текстильном предприятии. 2 ч

Этот тип оптимизационной задачи можно описать следующим образом. Имеется ограниченное количество одного или нескольких видов ресурсов, которые необходимо распределить между несколькими потребителями этих ресурсов. Эффективность использования ресурсов потребителями различна. Требуется определить оптимальный маршрут движения ресурса, обеспечивающий минимальные издержки на транспортирование.

Исходная постановка транспортной задачи выглядит так. Фабрика имеет несколько складов A_1, A_2 и A_3 , где размещаются запасы произведенной продукции a_1, a_2, a_3 единиц товара на каждом складе соответственно. Поставки осуществляются в ряд магазинов B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 , потребности которых составляют b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 единиц товара для каждого магазина соответственно. Стоимость перевозки единицы товара со склада A в пункт B составляет C рублей.

Необходимо выбрать оптимальный план перевозки товара, обеспечивающий выполнение всех заявок магазинов по всем видам продукции, чтобы суммарная стоимость перевозок была минимальной.

X_{ik} – количество товара, перевозимого со склада A_i в магазин B_k ($i = 1, 2, \dots, m$) ($k = 1, 2, \dots, n$). В задаче $m \times n$ переменных, которые должны быть ≥ 0 .

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} \leq a_1$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} \leq a_2 \quad \text{Ограничения 1}$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} \leq a_3$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} \geq b_1$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} \geq b_2 \quad \text{Ограничения 2}$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} \geq b_3$$

$$\text{Стоимость всех перевозок} - \text{мин. } C = \sum C_{ik} \times X_{ik} - \text{мин.}$$

Транспортная таблица

Склад	Магазин					Запас
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	
A_1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	a_1
A_2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	a_2
A_3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	a_3
Заявка	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	

$$C = C_{11} \times X_{11} + C_{12} \times X_{12} + \dots - \text{мин.}$$

Пример

Комбинат имеет 3 склада, на которых сосредоточены запасы продукции 300, 250 и 270 ед. товара. Завод имеет 5 фирменных магазинов, потребность которых 100, 220, 190, 160 и 150 ед. товара. Стоимость перевозки единицы товара указана в матрице тарифов.

12 9 14 10 17

19 16 13 15 21

10 18 6 20 12

Составить такой план перевозок товара, чтобы были выполнены заявки всех магазинов, и при этом суммарная стоимость всех перевозок была минимальной.

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} &\leq 300 \\ X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} &\leq 250 \\ X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} &\leq 270 \end{aligned} \quad \text{Ограничения 1}$$

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{21} + X_{31} &\geq 100 \\ X_{12} + X_{22} + X_{32} &\geq 220 \\ X_{13} + X_{23} + X_{33} &\geq 190 \\ X_{14} + X_{24} + X_{34} &\geq 160 \\ X_{15} + X_{25} + X_{35} &\geq 150 \end{aligned} \quad \text{Ограничения 2}$$

Стоимость всех перевозок – мин.

$$X_{11} \times 12 + X_{12} \times 9 + X_{13} \times 14 + X_{14} \times 10 + X_{15} \times 17 + X_{21} \times 19 + X_{22} \times 16 + X_{23} \times 13 + X_{24} \times 15 + X_{25} \times 21 + X_{31} \times 10 + X_{32} \times 18 + X_{33} \times 6 + X_{34} \times 20 + X_{35} \times 12 = \text{мин.}$$

1. Создание транспортной таблицы; клетки, соответствующие X_{ik} , оставляют незаполненными.

2. Создание матрицы тарифов в ячейках

C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}
C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}
C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{35}

3. Ввести ограничения по складам и магазинам

1-й склад – сумма ячеек $B2 + C2 + D2 + E2 + F2$.

2-й склад – сумма ячеек $B2 + C2 + D2 + E2 + F2$.

3-й склад – сумма ячеек $B2 + C2 + D2 + E2 + F2$.

1-й магазин – сумма ячеек $B2 + B3 + B4$.

2-й магазин – сумма ячеек $C2 + C3 + C4$.

3-й магазин – сумма ячеек $D2 + D3 + D4$.

4-й магазин – сумма ячеек $E2 + E3 + E4$.

5-й магазин – сумма ячеек $F2 + F3 + F4$.

4. Ввести в ячейку $B7$ уравнение целевой функции.

5. При введении коэффициентов в целевой функции и неравенствах следует ссылаться на соответствующие ячейки транспортной таблицы и матрицы тарифов.

Вид компьютерного окна представлен на *рис. 7*.

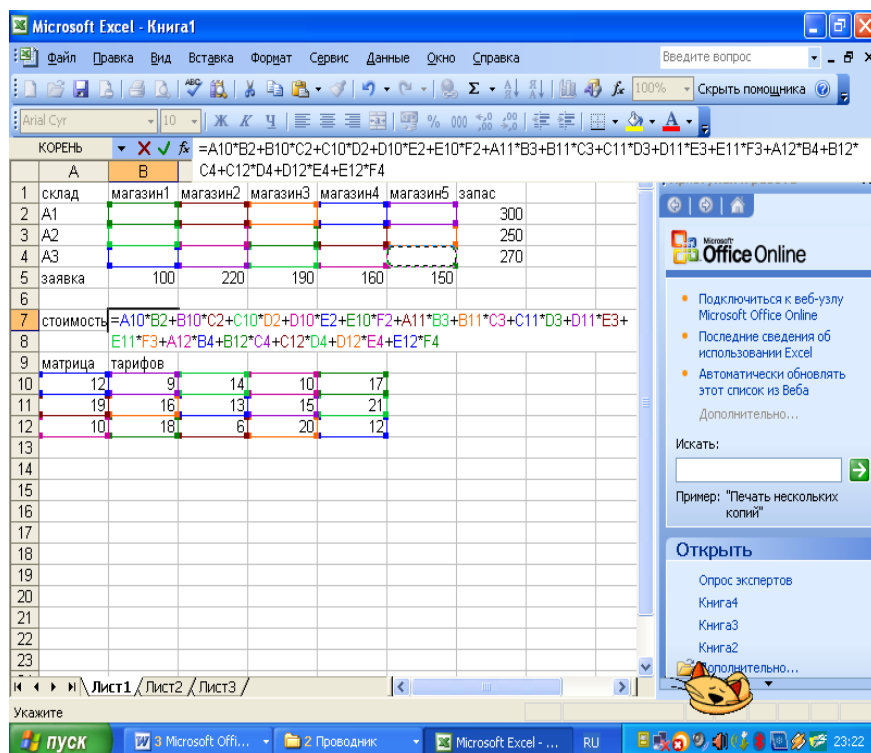


Рис. 7. Вид компьютерного окна

6. СЕРВИС – ПОИСК РЕШЕНИЯ.

Установить целевую функцию – ячейка $B7$ – равной минимальному значению.

Изменить ячейки $B2 - B3 - B4$.

7. Введение ограничений.

В ограничениях 1 ставится знак $\leq$, так как с каждого склада будет поставлено количество товара, не превышающее запас этого склада.

В ограничениях 2 ставится знак $\geq$, так как каждый магазин получит количество товара не меньше, чем его заявка.

8. Нажать – ВЫПОЛНИТЬ.

9. Решение и оптимальная суммарная стоимость перевозок будет в ячейках транспортной таблицы.

Вид компьютерного окна представлен на *рис. 8*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	склад	магазин1	магазин2	магазин3	магазин4	магазин5	запас					
2	A1	80	220	0	0	0	300					
3	A2	0	0	90	160	0	250					
4	A3	20	0	100	0	150	270					
5	заявка	100	220	190	160	150						
6												
7	стоимость	9110										
8												
9	матрица	тарифов										
10		12	9	14	10	17						
11		19	16	13	15	21						
12		10	18	6	20	12						
13												
14	ограничения											
15	1 склад	300	1 магазин	100								
16	2 склад	250	2 магазин	220								
17	3 склад	270	3 магазин	190								
18			4 магазин	160								
19			5 магазин	150								
20												
21												
22												
23												

Рис. 8 Вид компьютерного окна

Задания.

1. Трикотажная фабрика имеет 3 склада, на которых сосредоточены запасы продукции 300, 280 и 220 ед. товара. Фабрика имеет 5 фирменных магазинов, потребность которых 180, 140, 190, 120, 170 ед. товара. Стоимость перевозки единицы товара из складов в магазины представлена в матрице тарифов.

Матрица тарифов

12	9	14	10	17
19	16	13	15	21
10	18	6	20	12

Составить такой план перевозки товара, чтобы были выполнены заявки всех магазинов, и при этом суммарная стоимость всех перевозок была минимальна.

2. Трикотажная фабрика имеет 3 склада, на которых сосредоточены запасы продукции 150, 220 и 130 ед. товара. Фабрика имеет 5 фирменных магазинов, потребность которых 160, 70, 90, 80, 100 ед. товара. Стоимость перевозки единицы товара из складов в магазины представлена в матрице тарифов.

Матрица тарифов

8	20	7	11	16
4	14	12	15	17
15	22	11	12	19

Составить такой план перевозки товара, чтобы были выполнены заявки всех магазинов, и при этом суммарная стоимость всех перевозок была минимальна.

3. Прядильная фабрика имеет 3 склада, на которых сосредоточены запасы продукции 250, 200 и 150 ед. товара. Фабрика имеет 5 фирменных магазинов, потребность которых 180, 120, 90, 105, 105 ед. товара. Стоимость перевозки единицы товара из складов в магазины представлена в матрице тарифов.

Матрица тарифов

12	9	21	10	15
13	4	15	13	21
19	16	26	17	20

Составить такой план перевозки товара, чтобы были выполнены заявки всех магазинов, и при этом суммарная стоимость всех перевозок была минимальна.

4. Ткацкая фабрика имеет 3 склада, на которых сосредоточены запасы продукции 160, 400 и 240 ед. товара. Фабрика имеет 5 фирменных магазинов, потребность которых 170, 190, 140, 180, 120 ед. товара. Стоимость перевозки единицы товара из складов в магазины представлена в матрице тарифов.

Матрица тарифов

6	8	14	18	15
16	20	7	5	25
11	4	10	28	9

Составить такой план перевозки товара, чтобы были выполнены заявки всех магазинов, и при этом суммарная стоимость всех перевозок была минимальна.

5. Трикотажная фабрика имеет 3 склада, на которых сосредоточены запасы продукции 220, 400 и 280 ед. товара. Фабрика имеет 5 фирменных магазинов, потребность которых 160, 180, 170, 220, 190 ед. товара. Стоимость перевозки единицы товара из складов в магазины представлена в матрице тарифов.

Матрица тарифов

20	17	13	2	7
6	10	9	4	11
3	7	13	66	15

Составить такой план перевозки товара, чтобы были выполнены заявки всех магазинов, и при этом суммарная стоимость всех перевозок была минимальна.

Рекомендуемая литература

а) основная учебная литература

1. *Сырецкий, Г. А.* Автоматизация технологических процессов и производств. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г. А. Сырецкий. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – 120 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45351.html> – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

2. *Белов, П. С.* Математическое моделирование технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / П. С. Белов. – Электрон. текстовые данные. – Егорьевский технологический институт (филиал) Московского государственного технологического университета «СТАНКИН»: ЕТИ, 2016. – 224 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43395.html>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

б) дополнительная учебная литература

1. *Суркова, В. М.* Оптимизация технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. М. Суркова. – Электрон. текстовые данные. – Санкт-Петербург: СПбГУПТД, 2007. – 70 с. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=310 – ЭБС «IPRbooks».

2. *Григорьева, Е. Г.* Оптимизация технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. Г. Григорьева. – Электрон. текстовые данные. – Санкт-Петербург: СПбГУПТД, 2016. – 70 с. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2016513 – ЭБС «IPRbooks».

3. *Григорьева, Е. Г.* Оптимизация технологических процессов. Сборник задач. [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. Г. Григорьева. – Электрон. текстовые данные. — Санкт-Петербург: СПбГУПТД, 2018. – 70 с. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018257 – ЭБС «IPRbooks».

Учебное издание

Елена Геннадьевна Григорьева

ВВЕДЕНИЕ В ОПТИМИЗАЦИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Издательский редактор Н. А. Ерина

Оригинал-макет подготовлен И. С. Ровинским

Учебное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:

электронное устройство с программным обеспечением для
воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=2021126, по паролю.
– Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 6.09.2021 г. Рег. № 126/21.

ФГБОУВО «СПбГУПТД»

Юридический и почтовый адрес:

191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18.

<http://sutd.ru/>