

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Иркутский государственный аграрный университет
им. А.А. Ежевского»**

В.М. Перевалов, В.В. Пальвинский

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**Практикум
для студентов инженерного факультета
направление подготовки 35.04.06 «Агроинженерия»**

п. Молодежный – 2021

УДК 519.853:631.171

Перевалов, В.М. Оптимизация технологических процессов: Практикум для студентов инженерного факультета направление подготовки 35.04.06 «Агроинженерия» / В.М. Перевалов, В.В. Пальвинский. – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ, 2021. – 17 с.

Рецензенты: профессор кафедры «РМ, ТМ и ОД», д.т.н., доцент Бураев М.К.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией инженерного факультета Иркутского ГАУ (протокол № 7 от «26» марта 2021.).

Практикум по дисциплине «Оптимизация технологических процессов» предназначен для выполнения контрольной работы студентами инженерного факультета направления 35.04.06 «Агроинженерия»

© В.М. Перевалов, В.В. Пальвинский, 2021.
© Иркутский ГАУ им. А.А. Ежовского, 2021.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель и задачи дисциплины

Цель – дать будущим специалистам знания по методам принятия технических решений при оптимизации технологических процессов.

Задачи дисциплины:

- изучить решение задач на оптимизацию технологических процессов машин;
- изучить решение задач на оптимизацию технологических процессов производственных процессов как сельскохозяйственных, так и ремонтных предприятий.

Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- основные классы задач оптимизации;
- методы решения задач многокритериального программирования;
- методы решения задач линейного программирования;
- методы решения задач нелинейного программирования;
- методы решения задач стохастического программирования.

Студент должен уметь:

- решать задачи оптимизации технологических процессов машин и производственных процессов.

Студент должен иметь представления:

- о методах принятия экономических и управленческих решений.

В результате изучения курса «Оптимизация технологических процессов» студент должен приобрести знания, которые помогут ему решать многочисленные инженерные проблемы, возникающие при эксплуатации и ремонте сельскохозяйственной техники и технологического оборудования для производства и первичной переработки продукции растениеводства.

В течение учебного года студенты самостоятельно изучают разделы дисциплины и выполняют контрольную работу, которая сдается на кафедру до начала зачетно-экзаменационной сессии.

Контрольная работа, к выполнению которой имеются замечания, возвращается студенту для доработки. Студент, к контрольной работе которого не имеется замечаний, или они устранены, допускается к собеседованию для ее защиты.

Темы дисциплины для самостоятельного изучения

1. Методы сведения многокритериальных задач к решению однокритериальных.
2. Методы решения задач линейного программирования.
3. Методы решения задач дискретного программирования.
4. Методы решения задач целочисленного программирования.
5. Численные методы безусловного экстремума.
6. Численные методы условного экстремума.
7. Методы решения задач динамического программирования.
8. Методы решения задач геометрического программирования.
9. Методы решения задач выпуклого программирования.

Рекомендуемая литература для самостоятельного изучения разделов и выполнения контрольной работы

1. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах: Учебное пособие. 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2009. – 352 с. ил. – (учебники для вузов. Специальная литература).
2. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – 2-е изд., стер. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.- мат. лит., 1988. – 208 с. – (Пробл. науки и техн. прогресса).
3. Корнеенко В.П. Методы оптимизации: учебник/ В.П.Корнеенко.- М.: Высш. шк., 2007.- 664 с.: ил.

4. Сухарев Э.А. Методы моделирования и оптимизации механических систем машин и оборудования: Учебное пособие. – Ровно: НУВХП, 2008, - 194с.

б) дополнительная литература:

1. Машиностроение. Энциклопедия. Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Сельскохозяйственные машины и оборудование Т. IУ-16/ И.П. Ксенович, Г.П. Варламов, Н.Н. Колчин и др. Под ред. И.П. Ксеновича 2002.- 720 с., ил.

2. Экономическое обеспечение надежности машин/ А.П.Ковалев, В.И.Кантор, А.Б. Можаяев.- М.: Машиностроение, 1991.-240с.

3. Интернет.

2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ

В контрольной работе студент выполняет три задания:

1. Теоретический вопрос.
2. Постановка задачи (создание математической модели).
3. Решение задачи.

Выбор варианта заданий производится студентом по двум последним цифрам номера зачетной книжки: последняя цифра номера – столбец от 0 до 9 каждого десятка строки вопроса;

предпоследняя цифра номера нужна для выбора группы вопросов (заданий), групп 3, поэтому при предпоследней цифре от 0 до 3, выбирается группа 0; при предпоследней цифре от 4 до 6, выбирается группа 1; при предпоследней цифре от 7 до 9, выбирается группа 2.

Контрольная работа выполняется в тетради или на сброшюрованных листах писчей бумаги формата А4.

Варианты заданий для выполнения контрольной работы

1 вопрос

(методы решения задач линейного, нелинейного и стохастического программирования)

0 (предпоследняя цифра шифра – от 0 до 3)

0. Метод главного критерия (метод сведения многокритериальных задач к однокритериальной)
1. Метод последовательных уступок (метод сведения многокритериальных задач к однокритериальной)
2. Метод взвешенных сумм (метод сведения многокритериальных задач к однокритериальной)
3. Симплекс-метод решения задач линейного программирования
4. Распределительный метод решения задач линейного программирования
5. Метод линейных ветвлений решения задач линейного программирования
6. Методы отсечения при решении задач дискретного программирования
7. Метод ветвей и границ для решения задач дискретного программирования
8. Метод дифференциального исчисления при решении задач нелинейного программирования
9. Метод вариационного исчисления при решении задач нелинейного программирования

1 (предпоследняя цифра шифра – от 4 до 6)

0. Принцип максимума при решении задач нелинейного программирования
1. Метод условного градиента при решении задач нелинейного программирования
2. Метод прямого поиска при решении задач нелинейного программирования

3. Метод множителей Лагранжа при решении задач нелинейного программирования
4. Метод штрафных функций при решении задач нелинейного программирования
5. Метод равномерного поиска при решении задач нелинейного программирования
6. Метод деления интервала пополам при решении задач нелинейного программирования
7. Метод дихотомии при решении задач нелинейного программирования
8. Метод золотого сечения при решении задач нелинейного программирования
9. Метод Фибоначчи при решении задач нелинейного программирования

2 (предпоследняя цифра шифра – от 7 до 9)

0. Метод квадратичной интерполяции при решении задач нелинейного программирования
1. Метод деформирующего многогранника при решении задач нелинейного программирования
2. Метод Розенброка при решении задач нелинейного программирования
3. Метод сопряженных направлений при решении задач нелинейного программирования
4. Метод конфигураций при решении задач нелинейного программирования
5. Метод градиентного спуска с постоянным шагом при решении задач нелинейного программирования
6. Метод Ньютона при решении задач нелинейного программирования

7. Методы решения задач выпуклого программирования.
8. Методы решения задач динамического программирования
9. Методы решения задач геометрического программирования

2 вопрос (составление математической модели)

0 (предпоследняя цифра шифра – от 0 до 3)

1. Составить математическую модель для оптимизации функционирования (стабильности технологического процесса работы) сельскохозяйственной машины.
2. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса восстановления детали.
3. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса изготовления детали машины.
4. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса диагностирования КШМ двигателя при поиске неисправности.
5. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса диагностирования КШМ двигателя при ресурсном диагностировании.
6. Составить математическую модель для оптимизации безотказности (нарушения технологического процесса работы, вследствие отказа) машины.
7. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса восстановления работоспособности машины.
8. Составить математическую модель для оптимизации процесса постановки несложных машин на длительное хранение.
9. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса постановки сложных машин на длительное хранение.

1 (предпоследняя цифра шифра – от 4 до 6)

0. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса сборки машины.
1. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса настройки с/х машины на условия работы.
2. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса заготовки рассыпного сена.
3. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса заготовки прессованного сена.
4. Составить математическую модель для оптимизации допусков на уровень настройки машин.
5. Составить математическую модель для оптимизации периодичности технических обслуживаний машин.
6. Составить математическую модель для оптимизации срока службы (годности) машин.
7. Составить математическую модель для оптимизации проведения капитального ремонта машин.
8. Составить математическую модель для оптимизации планового текущего ремонта машин.
9. Составить математическую модель для оптимизации сложного технического обслуживания машин.

2 (предпоследняя цифра шифра – от 7 до 9)

0. Составить математическую модель для оптимизации непланового текущего ремонта (восстановления работоспособности) зерноуборочного комбайна, работающего в напряженный период.
1. Составить математическую модель для оптимизации допусков на параметры регулировочных значений машин.

2. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса заявочного диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя Д-240.
3. Составить математическую модель для оптимизации технологического процесса ресурсного диагностирования цилиндропоршневой группы
4. Составить математическую модель на оптимизацию технологического процесса работы машины (на примере картофелеуборочного комбайна)
5. Составить математическую модель на оптимизацию выбора материала для заготовки детали.
6. Составить математическую модель на оптимизацию технологии упрочнения поверхности детали.
7. Составить математическую модель на оптимизацию технологии восстановления изношенной детали.
8. Составить математическую модель на оптимизацию технологического процесса многоинструментальной механической обработки детали.
9. Составить математическую модель на оптимизацию технологического процесса при механической обработке детали.

3 вопрос (решить задачу)

0 (предпоследняя цифра шифра от 0 до 3)

0.

$$2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max,$$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 12,$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 6,$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.$$
1.

$$10x_1 + 2x_2 + 7x_3 + x_4 + 6x_5 \rightarrow \max$$

$$-x_1 + x_2 + 2x_3 = 3,$$

$$8x_1 + 13x_2 - x_4 = 100,$$

$$3x_1 + 2x_2 + x_5 = 30,$$

$$x_i \geq 0, i=1,2,3,4,5.$$

3. Найти максимум

$$F(x) = -x_1 + 2x_2 - x_3 - x_4 \rightarrow \text{extr},$$

$$-x_1 + x_2 + x_3 = 2,$$

$$x_1 + x_2 + x_4 = 4,$$

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, 4.$$

4. Найти минимум

$$F(x) = -x_1 + 2x_2 - x_3 - x_4 \rightarrow \text{extr},$$

$$-x_1 + x_2 + x_3 = 2,$$

$$x_1 + x_2 + x_4 = 4,$$

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, 4.$$

5. $2x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 12$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 6$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.$$

6. $x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$

$$x_1 - x_2 \leq 1$$

$$x_1 - 2x_2 \leq 1$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

7. $x_1 - x_2 \rightarrow \max$

$$x_1 \leq 1$$

$$x_2 \leq 2$$

8. $2x_1 - x_2 \rightarrow \min$

$$-x_1 + x_2 \leq 1$$

$$x_1 - x_2 \leq 1$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.$$

$$\begin{aligned}
9. \quad & x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \min \\
& x_1 - x_3 \leq 1 \\
& x_2 + x_3 \geq 0 \\
& x_1 \geq 0
\end{aligned}$$

1 (предпоследняя цифра шифра – от 4 до 6)

$$\begin{aligned}
0. \quad & 2x_1 - x_2 \rightarrow \min \\
& -x_1 + x_2 \leq 1 \\
& x_1 - x_2 \leq 1 \\
& x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
1. \quad & 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max, \\
& 3x_1 + 2x_2 \leq 12, \\
& x_1 + 2x_2 \leq 6, \\
& x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
2. \quad & F(x_1, x_2) = x_1 + x_2 \rightarrow \max \\
& x_1^2 + 4x_2^2 \leq 4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3. \quad & \text{Найти экстремум функции} \\
& F(x_1) = 2x_1^2 + 12x_1 - 10.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
4. \quad & \text{Найти экстремум функции} \\
& F(x_1) = 2x_1^2 - 12x_1 - 10.
\end{aligned}$$

$$5. \quad F(x_1, x_2) = [(x_1 - 5)^2/2 + (x_2 - 3)/1] + 4 \rightarrow \min$$

$$\begin{aligned}
6. \quad & F(x_1, x_2) = x_2 \rightarrow \min \\
& x_2 = 2(x_1 - 2)^2 + 1 \\
& (x_1 - 3)^2 + (x_2 - 0,5)^2 \geq 4 \\
& 0 \leq x_1 \leq 4, 0 \leq x_2 \leq 3.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
7. \quad & F(x_1, x_2) = x_2 \rightarrow \min \\
& x_2 = 2(x_1 - 2)^2 + 1 \\
& (x_1 - 3)^2 + (x_2 - 0,5)^2 \geq 4 \\
& 0 \leq x_1 \leq 4, 0 \leq x_2 \leq 3.
\end{aligned}$$

8. Найти точки экстремума функции на множестве \mathbb{R}^2

$$F(x) = (x_1 - 3)^2/4 + (x_2 + 2)^2/9 .$$

9. Найти точки экстремума функции на множестве \mathbb{R}^2

$$F(x) = -(x_1 + 1)^2 - [(x_2 + 4)^2/16] .$$

2 (предпоследняя цифра шифра – от 7 до 9)

0. Найти точки экстремума функции на множестве \mathbb{R}^2

$$F(x) = x_1^2 + x_2^2 .$$

1. Найти точки экстремума функции на множестве \mathbb{R}^2

$$F(x) = x_1^2/4 + x_2^2 .$$

2. $F(x) = x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \min$

$$x_1^2 + 4x_2^2 \leq 16,$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

3. $F(x) = x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \min ,$

$$(x_1 - 2)^2 + 4x_2^2 \leq 16.$$

4. $F(x) = x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \min,$

$$2x_1^2 + (x_2 - 4)^2 \leq 1$$

5. $F(x) = x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \min,$

$$2x_1 + x_2 \leq 4,$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

6. $F(x) = x_1^2 + (x_2 - 4)^2 \rightarrow \min,$

$$x_1^2 + x_2^2 \leq 4, 4x_1^2 + x_2^2 \geq 4$$

7. $F(x) = x_1 x_2 \rightarrow \min,$

$$x_1^2 + x_2^2 \leq 16, x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

8. $F(x) = x_1^2 + (x_2 - 4)^2 \rightarrow \min,$

$$x_1^2 + x_2^2 \leq 16, x_1^2 + x_2^2 \geq 4$$

9. $F(x) = x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \min,$

$$x_1^2 + 2(x_2 - 2)^2 \leq 8,$$

$$x_1^2 + (x_2 - 2)^2 \geq 1.$$

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1 вопрос

По данному вопросу привести область применения метода решения, краткие теоретические сведения о методе и алгоритм решения задачи данным методом.

2 вопрос

При составлении математической модели на оптимизацию следует привести все ее этапы построения:

- 1) Формулировка цели и предмета исследования;
- 2) Выделение наиболее важных характеристик, соответствующей данной цели;
- 3) Словесное описание взаимосвязи между элементами модели;
- 4) Формализация взаимосвязи.

Математическая модель (ММ) на оптимизацию в общем виде может быть представлена в виде:

$$F = f(x_j) \rightarrow \max (\min) - \text{ЦФ}$$

$$g_i(x_j) = 0 - \text{ОГР}$$

$$a_j \leq x_j \leq b_j - \text{ГРУ}$$

$$i = 1, m; \quad j = 1, n.$$

где: $f(x_j)$ – функция переменной x_j ;

$g_i(x_j)$ – ограничение переменной x_j ;

a_j, b_j – нижнее и верхнее предельно допустимое значение переменной x_j ;

i – порядковый номер ограничений;

j – порядковый номер искомой переменной;

m – общее число ограничений;

n – общее число всех переменных;

ЦФ – целевая функция;

ОГР – ограничения;

ГРУ – граничные условия.

Целевая функция – функция, основных искомым переменных задачи математического программирования, экстремальные значения которой ищутся в рассматриваемой задаче. Целевая функция включает следующие элементы: критерий оптимальности, параметры и переменные.

Критерий оптимальности – принятый показатель меры эффективности исследуемой системы, величина которого при экстремальном значении целевой функции (максимальном или минимальном) определяет оптимальное решение для заданных условий, т.е. оптимальные значения переменных в модели.

Переменные – величины, оптимальные значения которых необходимо найти в процессе решения модели.

Параметры – постоянные величины, которые в процессе всего решения остаются неизменными и в модели, как правило, представлены коэффициентами при переменных или свободными членами в уравнениях и неравенствах.

Ограничения – область возможных значений переменных (оптимизируемых) величин в заданных условиях изучаемой системы, внутри которых отыскивается оптимальное решение.

Граничные условия показывают предельно допустимые значения искомым переменных.

ММ в конкретном виде должна быть представлена конкретизированными (расписанными) функциями $f(x_j)$ и $g_i(x_j)$, с учетом поставленной задачи.

3 вопрос

В этом ответе вначале выбирается метод решения задачи. По выбранному методу производится решение задачи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах: Учебное пособие. 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2009. – 352 с. ил. – (учебники для вузов. Специальная литература).
2. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – 2-е изд., стер. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.- мат. лит., 1988. – 208 с. – (Пробл. науки и техн. прогресса).
3. Корнеев В.П. Методы оптимизации: учебник/ В.П.Корнеев.- М.: Высш. шк., 2007.- 664 с.: ил.
4. Машиностроение. Энциклопедия. Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Сельскохозяйственные машины и оборудование Т. IУ-16/ И.П. Ксенович, Г.П. Варламов, Н.Н. Колчин и др. Под ред. И.П. Ксеновича 2002.- 720 с., ил.
5. Сухарев Э.А. Методы моделирования и оптимизации механических систем машин и оборудования: Учебное пособие. – Ровно: НУВХП, 2008, - 194с.
6. Экономическое обеспечение надежности машин/ А.П.Ковалев, В.И.Кантор, А.Б. Можяев.- М.: Машиностроение, 1991.-240с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие методические указания по изучению дисциплины.....	3
2. Задания для контрольной работы и указания по ее выполнению...	5
3. Методические указания для выполнения контрольной работы.....	14
Список использованной литературы	16