

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Факультет авиационной и морской техники
Кафедра «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к исследовательской работе

Моделирование и поиск оптимальных решений
в задачах организации транспортных процессов

Студент группы 00Пб-1П

М.В. Дядичкина

Руководитель работы

О.А. Красильникова

Содержание

Введение.....	4
1 Имитационное моделирование. Работа с ГИС картами в AnyLogic	5
1.1 Постановка задачи.....	7
1.2 Декомпозиция задачи на этапы для построения модели.....	7
1.3 Формирование исходных данных.....	8
1.4 Обработка заказа. Поведение агента Предприятие.....	11
1.5 Запуск модели.....	12
2 Линейное программирование. Планирование контейнерных перевозок	14
2.1 Перевозка бытовой техники от заводов к дилерам производится без использования распределительных центров.....	14
2.2 Перевозка бытовой техники от заводов к дилерам производится через распределительные центры.....	16
2.3 Перевозка бытовой техники от заводов к дилерам производится с учетом самостоятельной реализации g-тым распределительным центром n единиц техники	18
2.4 Перевозка бытовой техники от заводов к дилерам производится при неизменном спросе и при уменьшении i-ым заводом выпуска продукции на k единиц (без участия распределительных центров)	21
3 Аналитическая оптимизация.....	23
3.1 Крейсерская скорость судна.....	23
3.2 Перевозка навалочного груза морем	24
3.3 Стоимость постройки терминала наливного груза	26
Заключение	29
Список использованных источников.....	30

					ООП61П.2.04.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

В работе необходимо выполнить следующее:

1. Рассмотреть имитационное моделирование, а именно описать работу с ГИС картами в AnyLogic;

2. Решить транспортную задачу.

Холдинг по производству бытовой техники имеет три завода (пункт 1,2 и 3) и два распределительных центра (пункт 4 и 5). Дилерская сеть состоит из четырех точек сбыта (пункт 6, 7, 8 и 9). Объемы производства заводов холдинга ежеквартально составляют соответственно Q1, Q2 и Q3 единиц. Ежеквартальная потребность распределительных центров составляет R1 и R2 единиц. Спрос дилеров составляет D1, D2, D3 и D4.

Готовая продукция загружается в контейнеры, полная загрузка которых составляет 25 единиц. Транспортная компания оценивает свои услуги в S рублей за перевозку одного контейнера на один км.

Составить планы перевозок от заводов изготовителей к дилерам, обеспечивающий минимальные транспортные затраты при следующих условиях:

- перевозка производится без использования распределительных центров (задача 2.1);

- перевозка производится через распределительные центры (задача 2.2);

- предположим, g-тый распределительный центр может продать n единиц самостоятельно (задача 2.3);

- предположить, i-тый завод уменьшил выпуск продукции на k единиц, при неизменном спросе (задача 2.4, без распределительных центров). Для каждого плана найти новое оптимальное решение и сделать краткие выводы.

Выбрать оптимальный план перевозок.

					ООПб1П.2.04.000000ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дядичкина М.В			Введение	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Красильникова					4	25
						Кораблестроение и компьютерный инжиниринг		

Вокруг емкостей должны быть обеспечены пожарные проезды шириной r . Нормативы стоимости сооружения днища, стенок, крыши одной емкости, включая фундаменты, обваловку, проезды, коммуникации и т.п., составляют c_1 , c_2 и c_3 руб./м² соответственно.

Требуется вычислить диаметр емкостей d , их высоту h , которые обеспечивают минимальную стоимость C постройки, а также вычислить стоимость постройки терминала.

					00П61П.2.04.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1.1 Постановка задачи

Имеется семь аэропортов (Пулково, Шереметьево, Домодедово, Внуково, аэропорт г. Ярославля, аэропорт Смоленск-Северный, аэропорт г. Вологда), которым два раза в неделю требуются запасные части для технического обслуживания и ремонта самолетов. В Нижнем Новгороде есть предприятие, осуществляющее производство и доставку запасных частей.

Заявки на доставку от аэропортов поступают на предприятие в форме заказа. После прихода заказа его выполняют. На погрузку запасных частей в автомобиль требуется от двух до трех часов. Столько же времени требуется и на разгрузку автомобиля в аэропорту. После получения запчастей аэропорт оповещает об этом предприятие сообщением «Доставлено!». Автомобиль из аэропорта отправляется обратно на предприятие.

Разработать имитационную агентную модель процесса доставки запасных частей для оценки оптимального количества автомобилей при их загрузке не более 85% [1, ст. 9].

1.2 Декомпозиция задачи на этапы для построения модели

Для решения данной задачи необходимо последовательно выполнить следующие действия.

Задаться местоположениями и маршрутами до всех пунктов доставки согласно постановке задачи.

- Описать процесс оформления заказа запчастей, полагая, что все аэропорты отправляют запросы одинаковой формы.

					ООПб1П.2.04.010000ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	1 Имитационное моделирование. Работа с ГИС картами в AnyLogic	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Дядичкина М.В						
Провер.		Красильникова					7	27
						Кораблестроение и компьютерный инжиниринг		

- Описать обработку заявки предприятием, где учесть: получение заявки, время на погрузку, отправку клиенту, разгрузку, оповещение о доставке и возврат автомобиля на предприятие.

Провести оптимизацию с целью установления необходимого количества грузовиков для предприятия, чтобы загруженность при доставке запчастей составляла не более 85% [1, ст. 14].

1.3 Формирование исходных данных

Исходными данными являются [1, ст. 17]:

1. координаты аэропортов;
2. координаты предприятия, производящего и доставляющего запасные части;
3. пути сообщения между предприятием и аэропортами, по которым осуществляется доставка.

Так как речь в задаче идет о реально существующих объектах, удобно использовать компонент ГИС Карта из палитры Разметка пространства.

1. Раскройте палитру Разметка пространства.
2. Перетащите объект ГИС Карта на агент Main.
3. По умолчанию средняя точка на карте и масштаб будут выбраны, как показано на рисунке 1.1. На странице Свойства (рисунок 1.2) рассмотрите свойства компонента ГИС Карта:



Рисунок 1.1 - Отображение компонента ГИС Карта по умолчанию

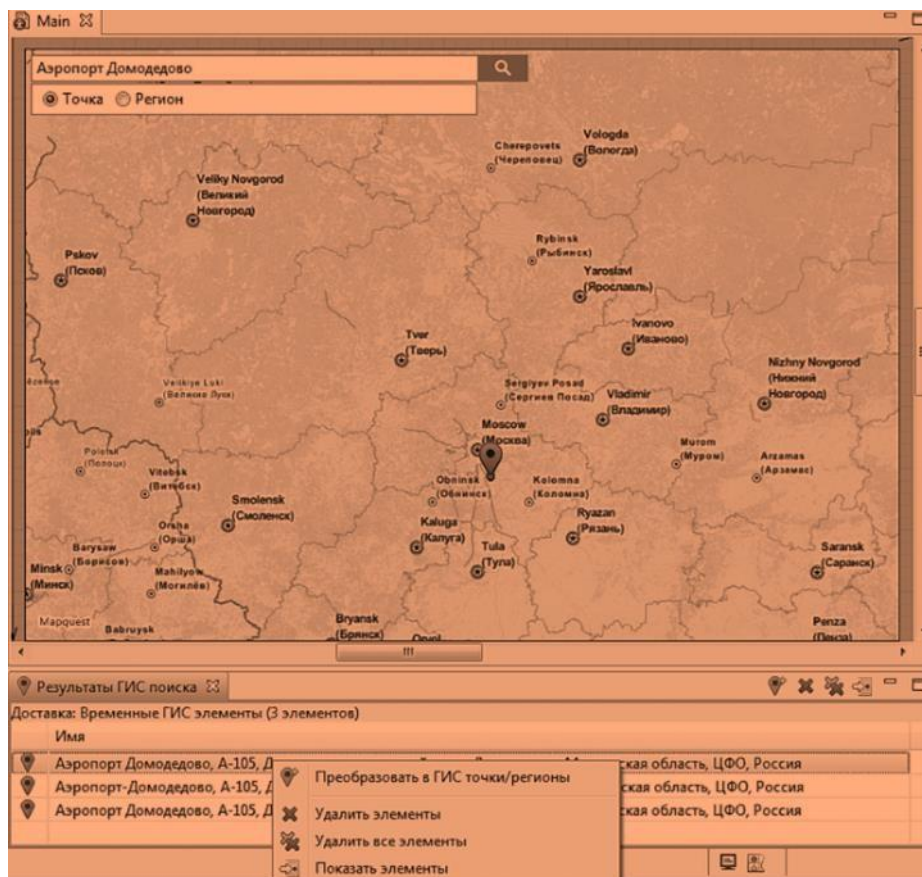


Рисунок 1.2 - Процесс поиска по названию объекта



Рисунок 1.3. Карта с метками всех объектов согласно постановке задачи

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ООП61П.2.04.010000ПЗ

Лист

9

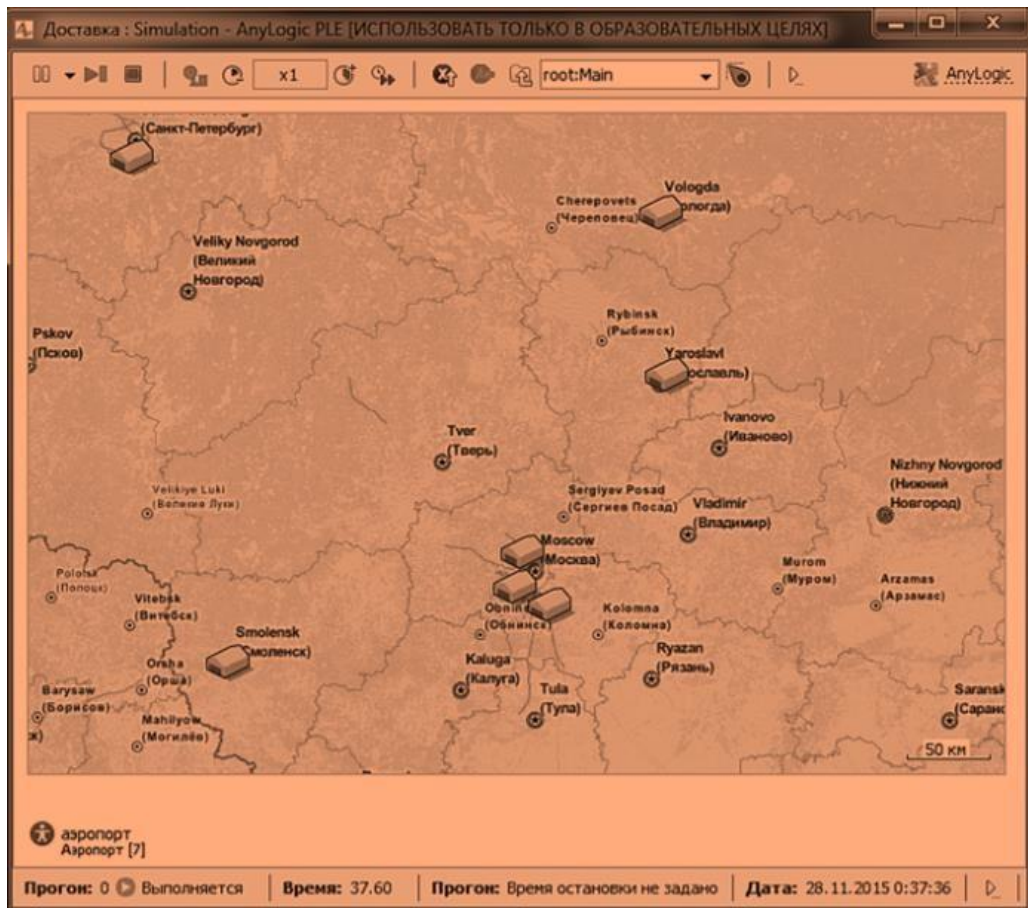
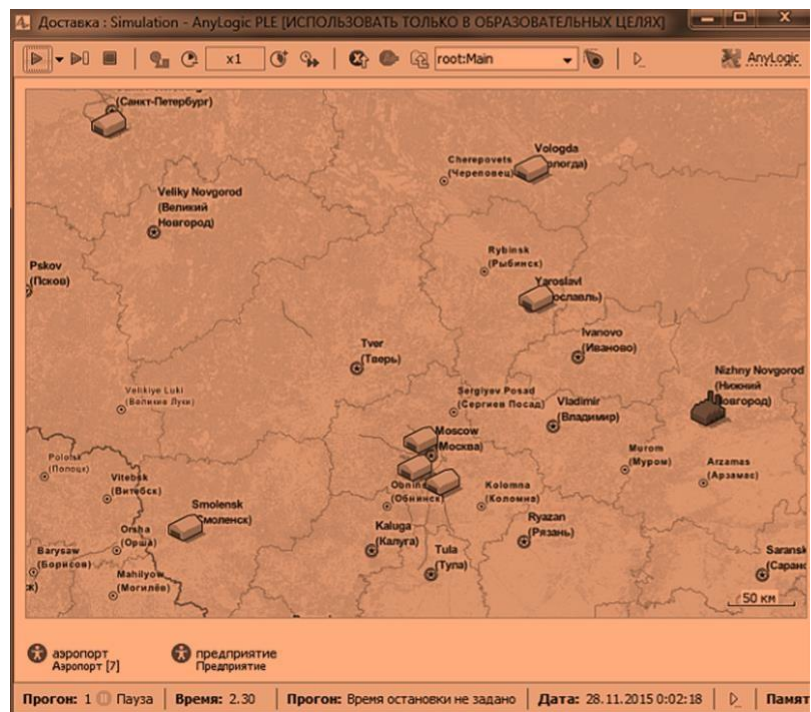


Рисунок 1.4 - Выполнение модели с отмеченными аэропортами



1.5 - Выполнение модели с отмеченным на карте предприятием

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ООП61П.2.04.010000ПЗ

Лист

10

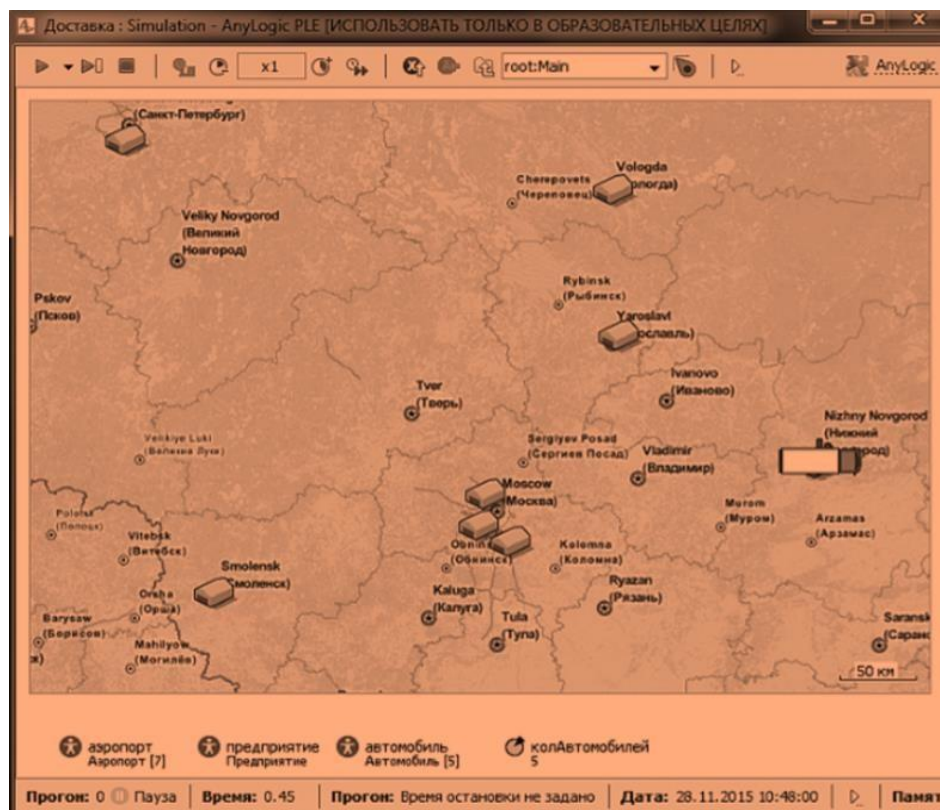


Рисунок 1.6- Результаты выполнения модели с грузовиками на предприятии

1.4 Обработка заказа. Поведение агента Предприятие

После получения заказа на предприятии выделяют ресурс (автомобиль) для сто исполнения. Автомобиль загружают заказанными запчастями, на что нужно от двух до трех часов, и отправляют в аэропорт. Там автомобиль разгружают (в течение двух-трех часов), после чего посылается оповещение о доставке и автомобиль возвращается на предприятие, становясь свободным ресурсом. На рисунке 1.7 приведен сегмент процесса исполнения заказа. Построим его.

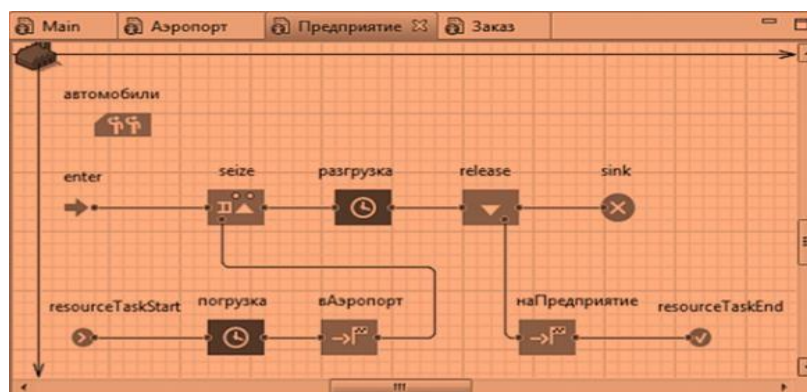


Рисунок 1.7 - Сегмент процесса исполнения заказа

1.5 Запуск модели

Прежде чем запустить модель, необходимо изменить единицы модельного времени. Для этого откройте вкладку Проекты, выделите проект Доставка и в поле Единицы модельного времени из списка установите дни [1, ст. 29].

Запустите модель на исполнение, нажав F5. Фрагмент работы модели доставки показан на рисунке 1.8.



Рисунок 1.8 - Фрагмент работы модели доставки запчастей в аэропорты

Если все было сделано правильно, то можно увидеть, как грузовики выезжают с предприятия, доезжают до аэропортов и возвращаются обратно.

Измените (колесиком мышки) масштаб карты так, чтобы были видны реальные маршруты. После этого перемещайтесь по карте при нажатой левой кнопке. Вы увидите, что автомобили движутся по реальным маршрутам, которые, как и сама карта, подгружаются из сети во время исполнения модели.

Например, на рисунке 1.9 видно, что один автомобиль с запчастями движется к какому-то аэропорту, а второй после доставки запчастей возвращается на предприятие.

1. Чтобы оценить загруженность транспортного парка предприятия, откройте агент предприятие при запущенной модели. Для этого дважды щелкните агент предприятие (см. на рисунок 1.8 символ внизу карты).

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ООП61П.2.04.010000ПЗ					

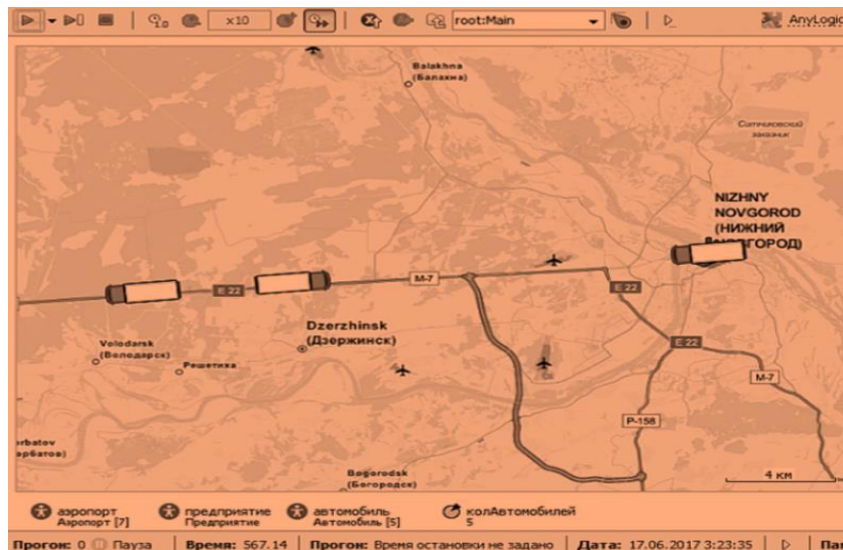


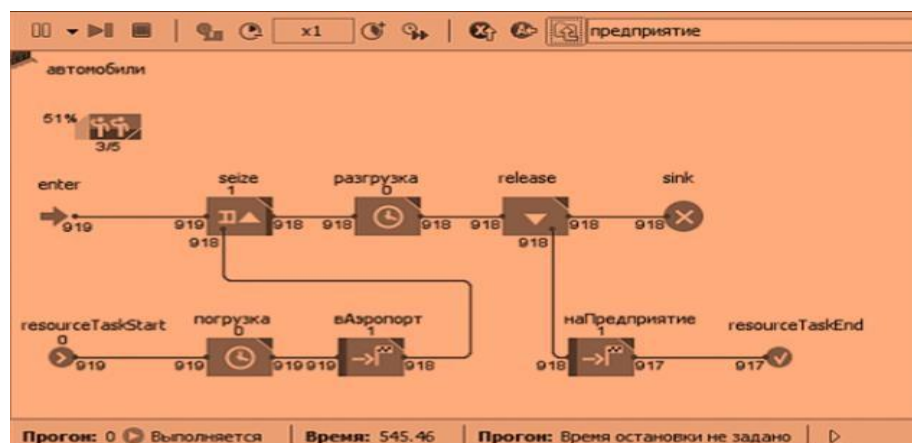
Рисунок 1.9 - Фрагмент работы модели при изменении масштаба карты

2. Откроется агент предприятие с сегментом имитации процесса исполнения заказов.

3. Обратите внимание на блок resourcePool. По ходу исполнения заказа фиксируется количество захваченных автомобилей (ресурсов), по которому можно оценить рациональность использования ресурсов.

4. При пяти автомобилях в транспортном парке предприятия средняя загруженность ресурса составляет примерно 50%, г.е. только около трех из пяти автомобилей парка задействованы.

5. Согласно постановке задачи, загруженность автомобилей при доставке должна быть не менее 85%, следовательно, по полученным результатам моделирования часть автомобилей простаивает и приносит убытки предприятию.



1.10 - Обращение к агенту предприятие из запущенной модели

2.1 Перевозка бытовой техники от заводов к дилерам производится без использования распределительных центров

Для решения классической транспортной задачи целесообразно представить в виде двух таблиц, в первой из которых представлены значения стоимости перевозок единицы товара c_{ij} от i -го поставщика к j -му потребителю.

Во второй таблице представлены:

- значения S_i предложения каждого i -го поставщика;
- значения D_j спроса каждого j -го потребителя;
- переменные x_{ij} , первоначально принимающие нулевые значения;
- вспомогательная строка и вспомогательный столбец «Сумма».

Целевая ячейка должна содержать формулу, выражающую целевую функцию. На рисунке 2.1 представим все сформированные таблицы для решения задачи.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₄	C ₃₅
2	137	49	156	185	176	191	90		55	229	183	169	187	98
3	C ₃₆	C ₃₇	C ₃₈	C ₃₉	C ₄₅	C ₄₆	C ₄₇	C ₄₈	C ₄₉	C ₅₆	C ₅₇	C ₅₈	C ₅₉	
4	270	185	176	191	45	78	64		95	87	62	67	60	97
6	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄					
7	1300	1200	1400	2600	1300	1100	700		1400	700				
8	S	i	j	g	k	m	n							
9	39	1	2	1	225	350	100							
11		D1	D2	D3	D4									
12	Q1	6084	7215	6864	7449									
13	Q2	8931	7137	6591	7293									
14	Q3	10530	7215	6864	7449									
16			D1	D2	D3	D4	Спрос	Целевая функция	0,00					
17	Контейнеры		44	28	56	28	156							
18	Q1	52					0							
19	Q2	48					0							
20	Q3	56					0							
21	Источники	156	0	0	0	0								

Рисунок 2.1 – Общий вид таблиц для решения в Excel

					ООП61П.2.04.020000ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Дядичкина М.В				2 Линейное программирование. Планирование контейнерных перевозок	Лит.	Лист	Листов
Пров.	Красильникова.						14	27
					Кораблестроение и компьютерный инжиниринг			

На рисунке 2.2 представлены формулы для решения задачи без использования распределительных центров.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C34	C35
2	137	49	185	176	191	90	55	229	183	169	187	98	56	
3	C36	C37	C38	C39	C45	C46	C47	C48	C49	C56	C57	C58	C59	
4	270	185	176	191	45	78	64	87	62	67	60	97		
5														
6	Q1	Q2	Q3	R1	R2	D1	D2	D3	D4					
7	1300	1200	1400	2600	1300	1100	700	1400	700					
8	S	i	j	g	k	m	n							
9	39	1	2	1	225	350	100							
10														
11		D1	D2	D3	D4									
12	Q1	=C2*A9	=D2*A9	=E2*A9	=F2*A9									
13	Q2	=I2*A9	=J2*A9	=K2*A9	=L2*A9									
14	Q3	=A4*A9	=B4*A9	=C4*A9	=D4*A9									
15			D1	D2	D3	D4	Спрос	Целевая функция	=СУММПРОИЗВ(B12:E14:C18:F20)					
17	Контейнеры		=F7/25	=G7/25	=H7/25	=I7/25	=СУММ(C17:F17)							
18	Q1	=A7/25					=СУММ(C18:F18)							
19	Q2	=B7/25					=СУММ(C19:F19)							
20	Q3	=C7/25					=СУММ(C20:F20)							
21	Источники		=СУММ(B18:B20)	=СУММ(C18:C20)	=СУММ(D18:D20)	=СУММ(E18:E20)	=СУММ(F18:F20)							

Рисунок 2.2 – Формулы в Excel

Используя меню Сервис→Поиск решения открываем диалоговое окно Поиск решения, в котором устанавливаем целевую ячейку I16, равной минимальному значению, определяем диапазон изменяемых ячеек и ограничения и запускаем процедуру вычисления, щелкнув по кнопке Выполнить.

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию:

До: Максимум Минимум Значения:

Изменяя ячейки переменных:

В соответствии с ограничениями:

- $G_{18}:G_{20} = B_{18}:B_{20}$
- $C_{18}:F_{20} = \text{целое}$
- $C_{18}:F_{20} \geq 0$
- $C_{21}:F_{21} = C_{17}:F_{17}$

Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения: Поиск решения нелинейных задач методом ОПГ

Метод решения: Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

Кнопки: Справка, Найти решение, Закрыть

Рисунок 2.3 – Параметры поиска решений в Excel

В результате поиска решений мы видим оптимальное решение при которой минимальная стоимость перевозки контейнеров составляет 1042068 рублей.

		D1	D2	D3	D4	Спрос	Целевая функция	1 049 568,00
Контейнеры		44	28	56	28	156		
Q1	52	44	0	0	8	52		
Q2	48	0	0	48	0	48		
Q3	56	0	28	8	20	56		
Источник	156	44	28	56	28			

Рисунок 2.4 – Оптимальное решение в Excel

2.2 Перевозка бытовой техники от заводов к дилерам производится через распределительные центры

Для решения классической транспортной задачи целесообразно представить в виде двух таблиц, в первой из которых представлены значения стоимости перевозок единицы товара c_{ij} от i -го поставщика к j -му потребителю.

Во второй таблице представлены:

- значения S_i предложения каждого i -го поставщика;
- значения D_j спроса каждого j -го потребителя;
- переменные x_{ij} , первоначально принимающие нулевые значения;
- вспомогательная строка и вспомогательный столбец «Сумма».

Целевая ячейка должна содержать формулу, выражающую целевую функцию.

	D1	D2	D3	D4	R1	R2
Q1	6084	7215	6864	7449	5343	1911
Q2	8931	7137	6591	7293	3510	2145
Q3	10530	7215	6864	7449	3822	2184
R1	3042	2496	3705	3393	0	1755
R2	2418	2613	2340	3783	1755	0

	D1	D2	D3	D4	R1	R2	Спрос	Целевая функция	0
Контейнеры	44	28	56	28	0	0	156		
Q1	52						0		
Q2	48						0		
Q3	56						0		
R1	0						0		
R2	0						0		
Источник	156	0	0	0	0	0	0		

Рисунок 2.5 - Общий вид таблиц для решения в Excel

На рисунке 2.6 представлены формулы для решения задачи с использованием распределительных центров.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	C14	C1E	C16	C17	C18	C19	C21	C2E	C26	C27	C28	C29	C34	C3E
2	137	49	156	185	176	191	90	55	229	183	169	187	98	56
3	C36	C37	C38	C39	C4E	C46	C47	C48	C49	C4E	C47	C48	C49	
4	270	185	176	191	45	78	64	95	87	62	67	60	97	
7	Q1	Q2	Q3	R1	R2	D1	D2	D3	D4					
8	1300	1200	1400	2600	1300	1100	700	1400	700					
9	S	J	J	#	A	#	#							
10	39	1	2	1	225	350	100							
12		D1	D2	D3	D4	R1	R2							
13	Q1	=C2*A10	=D2*A10	=E2*A10	=F2*A10	=A2*A10	=B2*A10							
14	Q2	=I2*A10	=J2*A10	=K2*A10	=L2*A10	=G2*A10	=H2*A10							
15	Q3	=A4*A10	=B4*A10	=C4*A10	=D4*A10	=M2*A10	=N2*A10							
16	R1	=F4*A10	=G4*A10	=H4*A10	=I4*A10	0	=E4*A10							
17	R2	=J4*A10	=K4*A10	=L4*A10	=M4*A10	=E4*A10	0							
19		D1	D2	D3	D4	R1	R2	Спрос	Целевая функция	=СУММПРОИЗВ(B13:G17;C21:H25)				
20	Контейнеры	=F8/25	=G8/25	=H8/25	=I8/25	0	0			=СУММ(C20:H20)				
21	Q1	=A8/25								=СУММ(C21:H21)				
22	Q2	=B8/25								=СУММ(C22:H22)				
23	Q3	=C8/25								=СУММ(C23:H23)				
24	R1	0								=СУММ(C24:H24)				
25	R2	0								=СУММ(C25:H25)				
26	Источники	=СУММ(B21:B25)	=СУММ(C21:C25)	=СУММ(D21:D25)	=СУММ(E21:E25)	=СУММ(F21:F25)	=СУММ(G21:G25)	=СУММ(H21:H25)						

Рисунок 2.6 – Формулы в Excel

Используя меню Сервис→Поиск решения открываем диалоговое окно Поиск решения, в котором устанавливаем целевую ячейку, равной минимальному значению, определяем диапазон изменяемых ячеек и ограничения и запускаем процедуру вычисления, щелкнув по кнопке Выполнить.

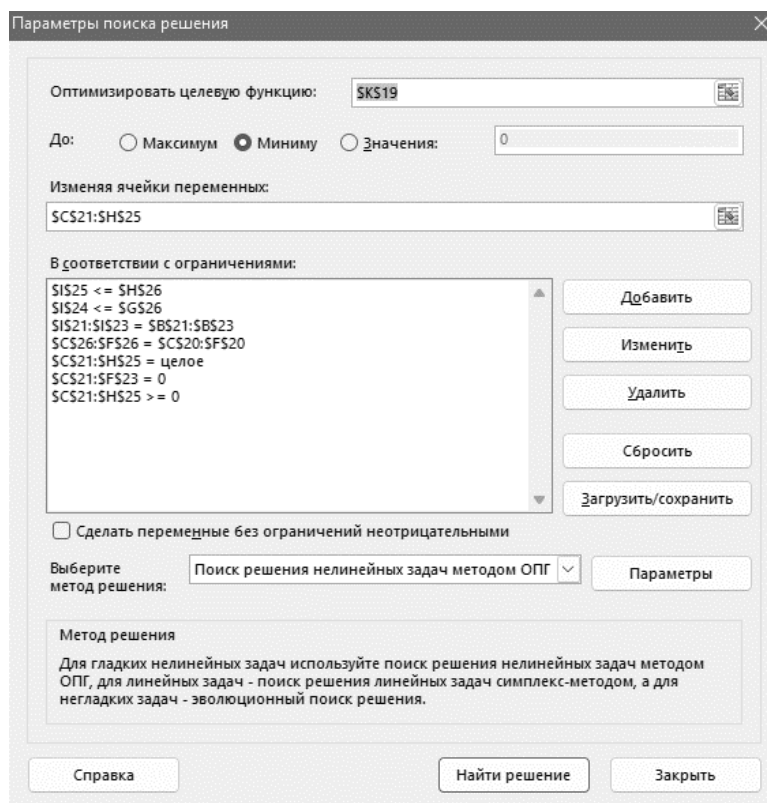


Рисунок 2.7 – Ограничения целевой функции в Excel

В результате поиска решений мы видим оптимальное решение при которой минимальная стоимость перевозки контейнеров составляет 741156 рублей.

		D1	D2	D3	D4	R1	R2	Спрос	Целевая функция	741156
Контейнеры		44	28	56	28	0	0	156		
Q1	52	0	0	0	0	0	52	52		
Q2	48	0	0	0	0	0	48	48		
Q3	56	0	0	0	0	0	56	56		
R1	0	0	0	0	0	0	0	0		
R2	0	44	28	56	28	0	0	156		
Источник	156	44	28	56	28	0	156			

Рисунок 2.8 – Оптимальное решение в Excel

2.3 Перевозка бытовой техники от заводов к дилерам производится с учетом самостоятельной реализации g -тым распределительным центром n единиц техники

Для решения классической транспортной задачи целесообразно представить в виде двух таблиц, в первой из которых представлены значения стоимости перевозок единицы товара c_{ij} от i -го поставщика к j -му потребителю.

Во второй таблице представлены:

- значения S_i предложения каждого i -го поставщика;
- значения D_j спроса каждого j -го потребителя;
- переменные x_{ij} , первоначально принимающие нулевые значения;
- вспомогательная строка и вспомогательный столбец «Сумма».

Целевая ячейка должна содержать формулу, выражающую целевую функцию.

Спрос в задаче не будет равен предложению по причине недостаточности производства в количественном выражении, поэтому в задаче необходимо будет добавить фиктивный распределительный центр, который будет осуществлять равенство между спросом и предложением.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₄	C ₃₅
2	137	49	156	185	176	191	90	55	229	183	169	187	98	56
3	C ₃₆	C ₃₇	C ₃₈	C ₃₉	C ₄₅	C ₄₆	C ₄₇	C ₄₈	C ₄₉	C ₅₆	C ₅₇	C ₅₈	C ₅₉	
4	270	185	176	191	45	78	64	95	87	62	67	60	97	
5														
6	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄					
7	1300	1200	1400	2600	1300	1100	700	1400	700					
8	S	i	j	g	k	m	n							
9	39	1	2	1	225	350	100							
10														
11		D1	D2	D3	D4	R1	R2	R3 фиктивный						
12	Q1	6084	7215	6864	7449	5343	1911	0						
13	Q2	8931	7137	6591	7293	3510	2145	0						
14	Q3	10530	7215	6864	7449	3822	2184	0						
15	R1	3042	2496	3705	3393	0	1755	0						
16	R2	2418	2613	2340	3783	1755	0	0						
17	R3 фиктивный	0	0	0	0	0	0	0						
18														
19		D1	D2	D3	D4	R1	R2	R3 фиктивный	Спрос	целевая функция	0			
20	Контейнеры	44	28	56	28	0	0	0	4	156				
21	Q1	52								0				
22	Q2	48								0				
23	Q3	56								0				
24	R1	0								0				
25	R2	0								0				
26	R3 фиктивный	4								0				
27	Источник	156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 2.9 – Общий вид таблиц для решения в Excel

На рисунке 2.10 представлены формулы для решения задачи.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₄	C ₃₅
2	137	49	156	185	176	191	90	55	229	183	169	187	98	56
3	C ₃₆	C ₃₇	C ₃₈	C ₃₉	C ₄₅	C ₄₆	C ₄₇	C ₄₈	C ₄₉	C ₅₆	C ₅₇	C ₅₈	C ₅₉	
4	270	185	176	191	45	78	64	95	87	62	67	60	97	
5														
6	Q ₁	Q ₂	Q ₃	R ₁	R ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄					
7	1300	1200	1400	2600	1300	1100	700	1400	700					
8	S	i	j	g	k	m	n							
9	39	1	2	1	225	350	100							
10														
11		D1	D2	D3	D4	R1	R2	R3 фиктивный						
12	Q1	=C2*A9	=D2*A9	=E2*A9	=F2*A9	=A2*A9	=B2*A9	0						
13	Q2	=I2*A9	=J2*A9	=K2*A9	=L2*A9	=G2*A9	=H2*A9	0						
14	Q3	=A4*A9	=B4*A9	=C4*A9	=D4*A9	=M2*A9	=N2*A9	0						
15	R1	=F4*A9	=G4*A9	=H4*A9	0	=E4*A9	0	0						
16	R2	=J4*A9	=K4*A9	=L4*A9	=M4*A9	=E4*A9	0	0						
17	R3 фиктивный	0	0	0	0	0	0	0						
18														
19		D1	D2	D3	D4	R1	R2	R3 фиктивный	Спрос	целевая функция	=СУММПРОИЗВ(B12:H17;C21:J26)			
20	Контейнеры	=F7/25	=G7/25	=H7/25	=I7/25	0	0	=G9/25	=СУММ(C20:F20)					
21	Q1	=A7/25							=СУММ(C21:J21)					
22	Q2	=B7/25							=СУММ(C22:J22)					
23	Q3	=C7/25							=СУММ(C23:J23)					
24	R1	0							=СУММ(C24:J24)					
25	R2	0							=СУММ(C25:J25)					
26	R3 фиктивный	=I20							=СУММ(C26:J26)					
27	Источник	=СУММ(B21:B23)	=СУММ(C21:C26)	=СУММ(D21:D26)	=СУММ(E21:E26)	=СУММ(F21:F26)	=СУММ(G21:G26)	=СУММ(H21:H26)	=СУММ(I21:I26)	=СУММ(J21:J26)				

Рисунок 2.10 – Формулы задачи в Excel

Используя меню Сервис→Поиск решения открываем диалоговое окно Поиск решения, в котором устанавливаем целевую ячейку, равной минимальному значению, определяем диапазон изменяемых ячеек и ограничения и запускаем процедуру вычисления, щелкнув по кнопке Выполнить.

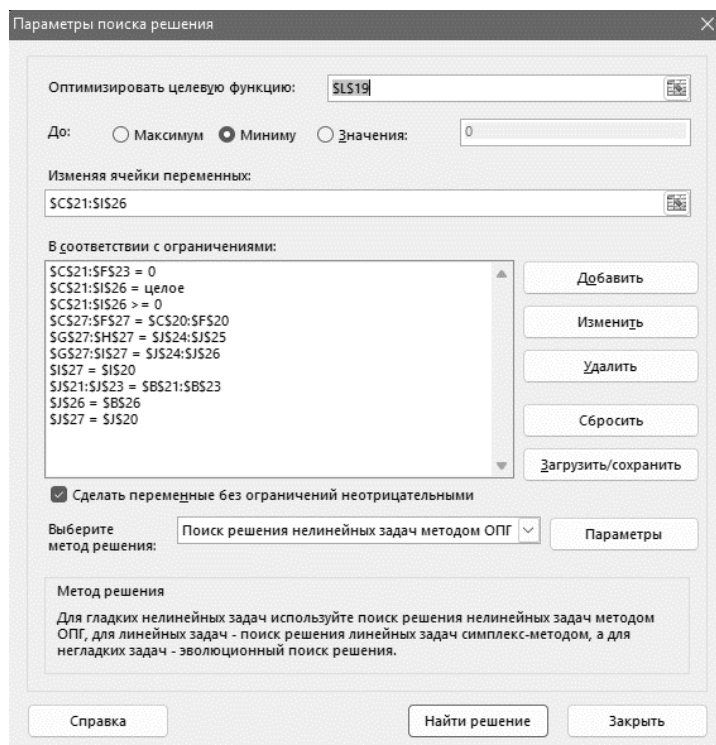


Рисунок 2.11 – Параметры поиска решений в Excel

В результате поиска решений мы видим оптимальное решение при которой минимальная стоимость перевозки контейнеров составляет 807963 рублей.

		D1	D2	D3	D4	R1	R2	R3 фиктивный	Спрос	целевая функция	807 963
Контейнеры		44	28	56	28	0	0	4	156		
Q1	52	0	0	0	0	1	51	0	52		
Q2	48	0	0	0	0	1	43	0	48		
Q3	56	0	0	0	0	56	0	0	56		
R1	0	0	28	2	28	0	0	0	58		
R2	0	40	0	54	0	0	0	0	94		
R3 фиктивный	4	4	0	0	0	0	0	0	4		
Источник	156	44	28	56	28	58	94	4	156		

Рисунок 2.12 – Оптимальное решение в Excel

2.4 Перевозка бытовой техники от заводов к дилерам производится при неизменном спросе и при уменьшении i -ым заводом выпуск продукции на k единиц (без участия распределительных центров)

Для решения классической транспортной задачи целесообразно представить в виде двух таблиц, в первой из которых представлены значения стоимости перевозок единицы товара c_{ij} от i -го поставщика к j -му потребителю.

Во второй таблице будут представлены:

- значения S_i предложения каждого i -го поставщика;
- значения D_j спроса каждого j -го потребителя;
- переменные x_{ij} , первоначально принимающие нулевые значения;
- вспомогательная строка и вспомогательный столбец «Сумма».

Целевая ячейка будет содержать формулу, выражающую целевую функцию.

Спрос в задаче не будет равен предложению по причине недостаточности производства в количественном выражении, поэтому в задаче необходимо будет добавить фиктивный завод, который будет осуществлять равенство между спросом и предложением.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	C₁₄	C₁₅	C₁₆	C₁₇	C₁₈	C₁₉	C₂₄	C₂₅	C₂₆	C₂₇	C₂₈	C₂₉	C₃₄	C₃₅
2	137	49	156	185	176	191	90	55	229	183	169	187	98	56
3	C₃₆	C₃₇	C₃₈	C₃₉	C₄₅	C₄₆	C₄₇	C₄₈	C₄₉	C₅₆	C₅₇	C₅₈	C₅₉	
4	270	185	176	191	45	78	64	95	87	62	67	60	97	
5														
6	Q₁	Q₂	Q₃	R₁	R₂	D₁	D₂	D₃	D₄					
7	1300	1200	1400	2600	1300	1100	700	1400	700					
8	S	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>g</i>	<i>k</i>	<i>m</i>	<i>n</i>							
9	39	1	2	1	225	350	100							
10														
11		D1	D2	D3	D4									
12	Q1	6084	7215	6864	7449									
13	Q2	8931	7137	6591	7293									
14	Q3	10530	7215	6864	7449									
15	Q4 фиктивный	0	0	0	0									
16														
17			D1	D2	D3	D4	Спрос	Целевая функция	0					
18	Контейнеры		44	28	56	28	156							
19	Q1	43					0							
20	Q2	48					0							
21	Q3	56					0							
22	Q4 фиктивный	9					0							
23	Источник	156	0	0	0	0								

Рисунок 2.13 - Общий вид таблиц для решения в Excel

Представим на рисунке 2.14 формулы для решения задачи.

	А	В	С	Д	Е	Г	З	И	К	Л	М	Н
1	С14	С14	С14	С17	С14	С14	С14	С14	С14	С14	С14	С14
2	137	49	156	185	176	191	90	85	229	183	169	187
3	С14	С14	С14	С14	С14	С14	С14	С14	С14	С14	С14	С14
4	270	185	176	191	45	78	64	95	87	62	67	60
5	Q1	Q2	Q3	R1	R2	D1	D2	D3	D4			
7	1300	1200	1400	2600	1300	1100	700	1400	700			
8	8	7	7	8	А	В	В					
9	39	11	2	11	229	280	100					
11		D1	D2	D3	D4							
12	Q1	=C14*A9	=D1*A9	=E1*A9	=F1*A9							
13	Q2	=E1*A9	=E2*A9	=E3*A9	=E4*A9							
14	Q3	=A1*A9	=B1*A9	=C1*A9	=D1*A9							
15	Q4 фиктивный	0	0	0	0							
17		D1	D2	D3	D4	Спрос	Целевая функция	=СУММПРОИЗВ(B12E15:C19F22)				
18	Контейнеры	=B7*25	=B7*25	=B7*25	=B7*25			=СУММС18F18				
19	Q1	=A7*225/25						=СУММС19F19				
20	Q2	=B7*25						=СУММС20F20				
21	Q3	=C7*25						=СУММС21F21				
22	Q4 фиктивный	0						=СУММС22F22				
23	Источники	=СУММВ19В22)	=СУММС19С22)	=СУММД19Д22)	=СУММЕ19Е22)	=СУММГ19Г22)						

Рисунок 2.14 – Формулы задачи в Excel

Используя меню Сервис→Поиск решения открываем диалоговое окно Поиск решения, в котором устанавливаем целевую ячейку, равной минимальному значению, определяем диапазон изменяемых ячеек и ограничения и запускаем процедуру вычисления, щелкнув по кнопке Выполнить.

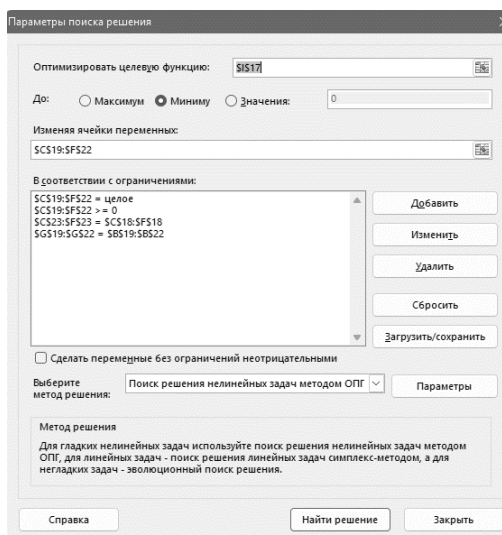


Рисунок 2.15– Параметры поиска решений в Excel

На рисунке 2.16 в результате поиска решений получаем оптимальное решение и минимальную стоимость перевозки груза 983892 рублей.

		D1	D2	D3	D4	Спрос	Целевая функция	983 892
Контейнеры		44	28	56	28	156		
Q1	43	43	0	0	0	43		
Q2	48	0	0	48	0	48		
Q3	56	0	28	8	20	56		
Q4 фиктивный	9	1	0	0	8	9		
Источник	156	44	28	56	28			

Рисунок 2.16 – Оптимальное решение в Excel

По итогам решения 4 задач можно сделать вывод, что во второй задаче самая минимальная стоимость перевозки – 741156 рублей. Это все говорит о том, что этот способ перевозки самый выгодный.

3.1 Крейсерская скорость судна

Грузовому судну предстоит выполнить рейс протяженностью r миль. Топливо на судне во время рейса расходуется его главным двигателем и дизелем электрогенератора судовой электростанции из топливных цистерн с мертвым запасом a %.

Требуется вычислить крейсерскую скорость v_{opt} (скорость при минимальном расходе топлива) судна и количество топлива, которым необходимо bunkerовать судно на рейс.

Решение данной задачи будет производиться в среде MatchCad 14.

На рисунке 2.16 представлено решение всей задачи в следующей последовательности: Исходные данные, целевая функция, ее производная, решение уравнения, нахождение расхода топлива.

1) Исходные данные представлены на рисунке 2.16 в соответствии с выбранным вариантом.

$$D := 18100 \quad r := 14000 \quad c := 168 \quad N := 4400 \quad k1 := 0.203 \cdot 10^3 \quad k2 := 0.193 \cdot 10^3$$

$$a := 1.3$$

Рисунок 2.16 – Исходные данные

2) Целевая функция составляется в маткаде и она представлена на рисунке 2.17.

$$Pt(v) := \frac{D^3 \cdot v^2 \cdot k1 \cdot r \cdot a}{c} + \frac{k2 \cdot N \cdot r \cdot a}{v} \quad a := 1.3$$

Рисунок 2.17 – Целевая функция

3) Найдем производную от целевой функции на рисунке 2.18.

$$\frac{d}{dv} Pt(v) \rightarrow 43983.333333333333333334 \cdot 18100^{\frac{2}{3}} \cdot v - \frac{1.545544e10}{v^2}$$

Рисунок 2.18 – Нахождение производной от целевой функции

					ООПБ1П.2.04.030000ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Дядичкина М.В			Лит.	Лист	Листов
Пров.		Красильникова				23	27
					3 Аналитическая оптимизация		
					Кораблестроение и компьютерный инжиниринг		

1) Исходные данные представлены на рисунке 2.21 в соответствии с выбранным вариантом.

$$\begin{array}{ll} Q := 280 & a1 := 22 \\ p1 := 6000 & a2 := 27 \\ p2 := 4500 & n := 1.3 \end{array}$$

Рисунок 2.21 – Исходные данные к задаче 2

2) Составим уравнение ограничений исходя из условий задачи. Зная массу груза, перевозимого каждым судном, найдем стоимость перевозки этого груза и составим целевую функцию

$$Z(x) := a1 \cdot p1 \cdot x + a2 \cdot (1000Q - p1 \cdot x) \rightarrow 7560000 - 30000 \cdot x$$

Рисунок 2.22 – Целевая функция

3) Для описания разницы между количеством рейсов составляется уравнение ограничений.

$$n \cdot x = \frac{1000Q - p1 \cdot x}{p2}$$

Рисунок 2.23 – Уравнение ограничений

4) Составим функцию Лагранжа.

$$\begin{aligned} F(x, \lambda1) &:= a1 \cdot p1 \cdot x + a2 \cdot (1000Q - p1 \cdot x) + \lambda1 \cdot \left(n \cdot x - \frac{1000Q - p1 \cdot x}{p2} \right) \\ F(x, \lambda1) \text{ simplify} &\rightarrow \text{simplify} \left[\lambda1 \cdot \left(\frac{4 \cdot x}{3} + 1.3 \cdot x - \frac{560}{9} \right) - 30000 \cdot x + 7560000 \right] \end{aligned}$$

Рисунок 2.23 – Функция Лагранжа

5) Вычислим производные от функции Лагранжа.

$$\frac{d}{dx} F(x, \lambda1) \rightarrow 2.6333333333333333 \cdot \frac{d}{d\lambda1} (F(x, \lambda1) \text{ simplify}) \rightarrow \text{simplify} \left(\frac{4 \cdot x}{3} + 1.3 \cdot x - \frac{560}{9} \right)$$

Рисунок 2.24 – Производные от функции Лагранжа

6) Составим и решим систему уравнений с приравняв производные к нулю.

$$\begin{aligned} \text{Given} \\ \frac{d}{dx} F(x, \lambda1) = 0 \quad \frac{d}{d\lambda1} F(x, \lambda1) = 0 \\ \begin{pmatrix} x \\ \lambda1 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, \lambda1) \rightarrow \begin{pmatrix} 23.628691983122362869 \\ 11392.405063291139241 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Рисунок 2.25 – Решение системы уравнений

7) На рисунке 2.26 показано найденное значение – количество рейсов судна типа А.

$$\bar{x}_n = \text{ceil}(x) = 24$$
$$\text{ceil}\left(\frac{1000Q - p_1 \cdot x}{p_2}\right) = 31$$

Рисунок 2.26 – Количество рейсов судна типа А и В

8) Стоимость перевозки навалочного груза представлена на рисунке 2.27.

$$Z(x) = 6.84 \times 10^6$$

Рисунок 2.27 – Стоимость перевозки всего навалочного груза двумя судами

В результате решения задачи была найдена минимальная стоимость перевозки с помощью программы MatchCad 14.

3.3 Стоимость постройки терминала наливного груза

Транспортная компания планирует построить грузовой терминал наливного груза из n емкостей цилиндрической формы с объемом хранения Q м³ нефтепродуктов, для которого местные власти могут отвести ℓ метров береговой черты. Емкости имеют конусообразные крыши, длина k образующей конуса крыши составляет $1,65d$. Вокруг каждой емкости должна быть обваловка на ширину $0,25$ диаметра емкости. Вокруг емкостей должны быть обеспечены пожарные проезды шириной p . Нормативы стоимости сооружения днища, стенок, крыши одной емкости, включая фундаменты, обваловку, проезды, коммуникации и т.п., составляют c_1 , c_2 и c_3 руб./м² соответственно.

Требуется вычислить диаметр емкостей d , их высоту h , которые обеспечивают минимальную стоимость C постройки, а также вычислить стоимость постройки терминала.

На рисунках 2.28-2.33 представлено решение в среде MatchCad 14.

					ООП61П.2.04.030000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

1) Исходные данные представлены на рисунке 2.28.

$$Q := 48000 \quad h := 480 \quad p := 4.8 \quad n := 11 \quad c1 := 470 \quad c2 := 660 \quad c3 := 330$$

Рисунок 2.28 – Исходные данные задачи 3

2) Составим целевую функцию. Целевая функция представляет собой стоимость строительства терминала.

$$C(d, h) := n \left(c1 \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} + c2 \cdot d \cdot h + c3 \cdot \pi \cdot \frac{d}{2} \cdot 1.65 \cdot d \right)$$

Рисунок 2.29 – Целевая функция

3) Сведем целевую функцию до одной переменной используя формулу для определения объема цилиндра.

$$C(d, h) := n \left(c1 \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} + c2 \cdot d \cdot h + c3 \cdot \pi \cdot \frac{d}{2} \cdot 1.65 \cdot d \right)$$

$$V = \frac{Q}{n} = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h \quad h = \frac{4Q}{n \cdot \pi \cdot d^2} \quad C(d) := n \left(c1 \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} + c2 \cdot d \cdot \frac{4Q}{n \cdot \pi \cdot d^2} + c3 \cdot \pi \cdot \frac{d}{2} \cdot 1.65 \cdot d \right)$$

$$C(d) \text{ simplify} \rightarrow \text{simplify} \cdot \left(\frac{126720000}{\pi \cdot d} + 9408.2845993380333009 \cdot d^2 + \frac{2585 \cdot \pi \cdot d^2}{2} \right)$$

Рисунок 2.30 – Целевая функция с одной переменной

4) Составим уравнение ограничений.

$$n \cdot (d + 0.5d + 2p) = 1$$

Рисунок 2.31 – Уравнение ограничений

5) Составим функцию Лагранжа и вычислим производные от этой функции.

$$F(d, \lambda) := n \left(c1 \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} + c2 \cdot d \cdot \frac{4Q}{n \cdot \pi \cdot d^2} + c3 \cdot \pi \cdot \frac{d}{2} \cdot 1.65 \cdot d \right) + \lambda 1 \cdot [n \cdot (d + 0.5d + 2p) - 1]$$

$$F(d, \lambda) \text{ simplify} \rightarrow \text{simplify} \cdot \left[\lambda 1 \cdot (16.5 \cdot d - 374.4) + \frac{126720000}{\pi \cdot d} + 9408.2845993380333009 \cdot d^2 + \frac{2585 \cdot \pi \cdot d^2}{2} \right]$$

$$\frac{d}{dd} F(d, \lambda) \text{ simplify} \rightarrow \text{simplify} \cdot \left(2585 \cdot \pi \cdot d - \frac{126720000}{\pi \cdot d^2} + 18816.569198676066602 \cdot d + 16.5 \cdot \lambda 1 \right)$$

$$\frac{d}{d\lambda} F(d, \lambda) \text{ simplify} \rightarrow \text{simplify} \cdot (16.5 \cdot d - 374.4)$$

Рисунок 2.32 - Функция Лагранжа и вычисление производной

б) Составим и решим систему уравнений. Была получена высота и стоимость постройки

Given

$$\frac{d}{dd} F(d, \lambda 1) = 0$$

$$\frac{d}{d\lambda 1} F(d, \lambda 1) = 0$$

$$\begin{pmatrix} d \\ \lambda 1 \end{pmatrix} = \text{Find}(d, \lambda 1) \rightarrow \begin{pmatrix} 22.690909090909090909 \\ -32296.781141897334504 \end{pmatrix}$$

$$h := \frac{4Q}{n \cdot \pi \cdot d^2} = 10.791 \quad \text{Высота}$$

$$C(d) = 8.712 \times 10^6 \quad \text{Стоимость постройки}$$

Рисунок 2.33 – Система уравнений

В результате решения задачи было выявлено, что диаметр составил 22,69 м, высота 10,791 м, стоимость постройки 8712000 рублей.

Список использованных источников

1 Боев, В. Д. Компьютерное моделирование: пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic : учеб. Пособие / В. Д. Боев. – Санкт-Петербург : ВАС, 2014. – 329 с.

2 Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов: учеб. пособие / Н. Г. Чикуров. – М. : ИЦ РИОР : НИЦ Инфра-М, 2013. – 398 с.

3 Боровской, А. Е. Моделирование транспортных процессов : учеб. пособие / А.Е. Боровской, А.С. Остапко. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2013. – 86 с.

4 Экономико-математические методы и модели в коммерческой деятельности и логистике / Б. К. Плоткин, Л. А. Делюкин. – М. : ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 346 с.

5. Плоткин, Б. К. Экономико-математические методы и модели в коммерческой деятельности и логистике / Плоткин Б.К., Делюкин Л.А. - Москва :ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 346 с.

6. Колпаков, В. Ф. Экономико-математическое и эконометрическое моделирование: компьютерный практикум : учеб. пособие / В.Ф. Колпаков. - Москва : ИНФРА-М, 2018. - 396 с.

					ООП61П.2.04.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30